

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

120149

YÜZEY AKIŞ VE SEDİMENT MODELLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMİ YARDIMIYLA UYGULANMASI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Halit APAYDIN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ANKARA
2002

120149

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Fazlı ÖZTÜRK danışmanlığında Halit APAYDIN tarafından hazırlanan bu çalışma 12.04.2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Cengiz OKMAN

C. Okman

Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ

M. Kılınç

Prof. Dr. Fazlı ÖZTÜRK

F. Öztürk

Doç. Dr. F. Kemal SÖNMEZ

F. Sönmez

Doç. Dr. Selçuk ALBUT

S. Albut

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Metin OLGUN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

YÜZEY AKIŞ VE SEDİMENT MODELLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ YARDIMIYLA UYGULANMASI

Halit APAYDIN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Fazlı ÖZTÜRK

Bu çalışmada, dünyada yaygın şekilde kullanılan yağış - yüzey akış - erozyon modellerinden olan AGNPS, SWRRB ve GLEAMS'in CBS yardımıyla uygulandığı, CBS'nin bu modellere sağlayacağı yararların belirlenmesi ve modellerin geçerliliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Ankara – Yenimahalle – Güvenç havzasında yapılan çalışmada CBS yardımıyla havza alanının ve alt havza sınırlarının belirlenmesi yanında akımın geldiği hücre, hücrenin ait olduğu alt havza, hücre alanı, ortalama yüksekliği, eğimi, yöneyi, topografik katsayı, akım uzunluğu, akım yolu eğimi, konsantrasyonun başladığı eğim ve uzunluk belirlenmiştir.

Çalışmada ele alınan 1989-1997 yıllarının ortalamasına göre 464.42 mm yağış sonrası 100.05 mm akım, 29.61 mm yüzey akış olmuştur. SWRRB 39.84 mm akım, AGNPS 48.50 mm, GLEAMS 34.51 mm yüzey akış olacağını tahmin etmiştir. Yıllık ortalama sediment verimi 3.58 t/ha olan havzada AGNPS modeli ortalama 19.89 t/ha (en az 5.47, en fazla 33.07 t/ha), SWRRB ortalama 19.8 t/ha (en az 0.1, en fazla 63.92 t/ha), GLEAMS ise ortalama 1.33 t/ha (en az 0.24, en fazla 2.24 t/ha) sonuç vermiştir.

2002, 127 sayfa

ANAHTAR KELİMELER :Yüzey akış, erozyon, sediment miktarı, AGNPS, SWRRB, GLEAMS, CBS, Güvenç havzası, model

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

APPLICATION OF RUNOFF AND SEDIMENT YIELD MODELS BY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

Halit APAYDIN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Farm Structures and Irrigation

Supervisor : Prof. Dr. Fazlı ÖZTÜRK

In this study, commonly used rainfall - runoff - erosion models which AGNPS, SWRRB and GLEAMS were examined by means of GIS. Efficacy of GIS and validation of these models were also considered.

Beside determination of watershed area and subbasin boundaries, also contributing cell, subbasin which cell include, cell area, average elevation, slope, aspect, topographic factor, flow length, flow slope, concentrated slope and concentrated length was determined by GIS in Ankara – Yenimahalle – Güvenç watershed.

The predictions of models were compared with measured data between 1989 and 1997, after 464.42 mm annual rainfall, 100.05 mm flow and 29.61 mm runoff was occurred, but SWRRB 39.84 mm flow, AGNPS 48.50 mm and GLEAMS 34.51 mm runoff modelled. Although annual average sediment yield of watershed was calculated as 3.58 t/ha, AGNPS modelled as 19.89 t/ha, (min. 5.47, max. 33.07 t/ha), SWRRB 19.8 t/ha (min. 0.1, max. 63.92 t/ha) and GLEAMS 1.33 t/ha (min. 0.24, max. 2.24 t/ha).

2002, 127 pages

KEY WORDS :Runoff, erosion, sediment, AGNPS, SWRRB, GLEAMS, GIS, Güvenç watershed, model

TEŞEKKÜR

CBS teknolojisinin su kaynaklı çalışmalarda kullanılmasını amaçladığım ve 1995 yılında başladığım doktora çalışmamda büyük katkısı bulunan Prof. Dr. Fazlı ÖZTÜRK'e (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi), veri temininde yardımını gördüğüm Ertuğrul KARAŞ (KHGM Eskişehir Araştırma Enstitüsü) ve Şenay ÖZDEN'e (KHGM Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü), toprak analizlerinde yardımcı olan Araş. Gör. Orhan Dengiz'e (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi), bilginin paylaştıkça değerleneceğine inandığı için Oğuz DEMİRKİRAN'a (KHGM Ankara Merkez Araştırma Enstitüsü), destek ve anlayışı nedeniyle eşim Sevim'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Halit APAYDIN
Ankara, Nisan 2002

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	41
3.1. Materyal	41
3.1.1. Havzanın iklim özellikleri	42
3.1.2. Havzanın toprak, jeoloji ve arazi kullanma özellikleri	42
3.1.3. Yağış ve yüzey akış ölçümleri	44
3.1.4. Haznede biriken sediment miktarı	44
3.1.5. Havzadaki toprak ve su koruma önlemleri	47
3.2. Yöntem	48
3.2.1. AGNPS modeli	48
3.2.1.1. Yüzey akışın hesaplanması	50
3.2.1.2. Toprak kaybının hesaplanması	51
3.2.1.3. AGNPS 2001 veri hazırlama birimi	54
3.2.1.4. AnnAGNPS sonuçları	55
3.2.2. SWRRB modeli	56
3.2.2.1. Hidroloji alt modeli	56
3.2.2.2. İklim alt modeli	58
3.2.2.3. Sediment verimi alt modeli	58
3.2.2.4. Bitki besin maddeleri alt modeli	59
3.2.2.5. Toprak sıcaklığı alt modeli	59
3.2.2.6. Bitki büyümesi alt modeli	59
3.2.2.7. Toprak işleme ve kalıntılar alt modeli	59
3.2.2.8. Sulama alt modeli	60
3.2.2.9. Taşkın öteleme alt modeli	60
3.2.3. GLEAMS modeli	60
3.2.3.1. Yüzey akış ve toprak kaybını hesaplanması	62
3.2.4. Laboratuvar çalışmaları	64
3.2.5. İstatistiksel analiz	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	65
4.1. CBS Ortamına Elde Edilen Veriler	65
4.1.1. AGNPS modelinde kullanılan veriler	72

4.1.2. SWRBB modelinde kullanılan veriler	72
4.1.3. GLEAMS modelinde kullanılan veriler	74
4.2. Toprak Analiz Sonuçları	79
4.3. Yüzey Akış Miktarları	79
4.4. Sediment Miktarları	100
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	101
5.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Değerlendirilmesi	101
5.2. Modellere Veri Girişi ve Modelin Çalıştırılmasının Değerlendirilmesi	102
5.3. Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi	104
5.4. Genel Değerlendirme	107
5.5. Öneriler	108
KAYNAKLAR	109
ÖZGEÇMİŞ	127



SİMGELER DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AGNPS	Agricultural Non-point Source Pollution Model
ARS	Agricultural Research Service
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CREAMS	Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GLEAMS	Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems
GRASS	Geographical Resource Analysis Support System
HEC	Hydrologic Engineering Center
HRU	Hydrologic Response Unit
ILWIS	Integrated Land and Watershed Management Information System
KHGM	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
Landsat	Land Satellite (The Earth Resources Technology Satellite)
LS	USLE topografik faktör
MUSLE	Modified Universal Soil Loss Equation
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation
SCS	Soil Conservation Service
SPOT	Système Pour l'Observation de la Terre
SWRRB	Simulator for Water Resources in Rural Basins
TIN	Triangulated Irregular Network
TM	Thematic Mapper
USDA	United States Department of Agriculture
USLE	Universal Soil Loss Equation
WEPP	Water Erosion Prediction Project

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Ankara - Yenimahalle - Güvenç gölet havzasının konumu	41
Şekil 3.2. AGNPS modeli bileşenleri	49
Şekil 3.3. SWRRB modeli bileşenleri	57
Şekil 3.4. GLEAMS modeli bileşenleri	62
Şekil 4.1. 15 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik verisi	66
Şekil 4.2. Farklı yöntemlerle belirlenen havza sınırları	67
Şekil 4.3. Güvenç havzası akım ağı haritası	68
Şekil 4.4. Güvenç havzası yöney haritası	68
Şekil 4.5. Güvenç havzası 3 boyutlu yükseklik haritası	69
Şekil 4.6. Güvenç havzası arazi kullanım durumu	70
Şekil 4.7. Güvenç havzası büyük toprak grupları	71
Şekil 4.8. Topaz programı tarafından oluşturulan alt havzalar	73
Şekil 4.9. Topaz programı tarafından her bir alt havzanın parçalara ayrılması	74
Şekil 4.10. Topaz programı tarafından akım dikkate alınarak oluşturulan hücreler	75
Şekil 4.11. Arazi kullanım durumunun hücrelerde genelleştirilmesi	76
Şekil 4.12. SWRRB modelinde kullanılan havza bölümlenmesi	77
Şekil 4.13. SWRRB modelinde kullanılan alt havzaların SCS eğri numarası	77
Şekil 4.14. Aylık bazda ölçülen ve AGNPS ile tahmin edilen değerler	95
Şekil 4.15. Aylık bazda ölçülen ve GLEAMS ile tahmin edilen değerler	96
Şekil 4.16. Aylık bazda ölçülen ve SWRRB ile tahmin edilen değerler	97
Şekil 4.17. Aylık ortalama ölçülen ve tahmin edilen değerler	99

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Güvenç havzasının fiziksel özellikleri	42
Çizelge 3.2. Bölgenin 1989-1997 yılları arası ortalama iklim değerleri	43
Çizelge 3.3. Havza topraklarının genel özellikleri	45
Çizelge 3.4. Güvenç havzası aylık ortalama yağış ve akım miktarları	45
Çizelge 3.5. Güvenç havzası yağış ve akım değerleri	46
Çizelge 3.6. Güvenç haznesi derinlik- hacim değerleri	46
Çizelge 3.7. AnnAGNPS kaynak veri tabanı	55
Çizelge 4.1. Klasik, ArcInfo ve Topaz yöntemiyle elde edilen havza alanları ve farkları	65
Çizelge 4.2. CBS yardımıyla elde edilen ve SWRRB modelinde kullanılan veriler	78
Çizelge 4.3. CBS yardımıyla elde edilen ve GLEAMS modelinde kullanılan veriler	79
Çizelge 4.4. Havzadan alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları	80
Çizelge 4.5. Olay bazında seçilmiş yüzey akış değerleri	81
Çizelge 4.6. Aylık bazda elde edilen yüzey akış değerleri	89
Çizelge 4.7. Yıllık bazda elde edilen yüzey akış değerleri	94
Çizelge 4.8. Olay, aylık ve yıllık bazda tahmin edilen değerlerin t testi sonuçları	98
Çizelge 4.9. 1989-1997 yılları aylık ortalama iklim ve yüzey akış değerleri	98
Çizelge 4.10. Yıllık bazda elde edilen sediment verim değerleri	100

1. GİRİŞ

Bitki gelişimi için kök bölgesinde yeterli miktarda su bulunması gereklidir. Yağışın yeterli olmadığı yer ve zamanda sulama ile karşılanan su ihtiyacı toprak bünyesine ve yetiştirilen bitkiye göre değişmektedir. Sulama yöntemine bağlı olmakla birlikte sulama suyu araziye kontrollü olarak verildiği için genellikle yüzey akış ve sediment taşınımına neden olmazken; şiddet ve miktarı fazla olan yağış ise, yüzey akış ve erozyona sebep olmaktadır. Yüzey akışla beraber toprak ve bitki besin maddesi kaybı olmakta, hazneye erişen bu akış ölü hacmin dolmasına ve taşıdığı tarımsal ilaç ve gübre nedeniyle su kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Yerleşim veya sanayinin yoğunlukta olduğu havzalarda kirlilik kaynağı olarak kentsel veya endüstri artıkların kaynakları ve miktarı noktasal ölçümlerle belirlenebilirken; kırsal havzalarda yağış - yüzey akış ve tarımsal olaylardan hangilerinin ne kadar erozyon ve kirliliğe neden olduğunun bulunması oldukça zordur. Bu kaynakların neden olduğu kirliliğe *noktasal kaynaklı olmayan kirlilik* adı verilmektedir. Havza yönetim çalışmaları yapan araştırmacılar yağış, yüzey akış ve erozyon üzerinde çalışırken bu olayların ilişkilerini belirlemek için modeller oluşturmaktadır.

Havza bazında yapılan çalışmalarda; çalışma alanının büyüklüğü nedeniyle veri (yağış, yüzey akış, toprak, topografya, arazi örtüsü ve kullanımı, toprak nem içeriği vb.) toplamada önemli zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu aşamada geniş alana dağılan verilerin eldesi ve işlenmesinde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) önem kazanmaktadır. Uzaktan algılama yardımıyla havzanın hali hazırdaki durumuna bağlı bilgiler klasik yöntemlere göre oldukça kolay ve hızlı olarak elde edilebilmektedir. CBS, topografya ve formülasyona ait bilgilerin işlenmesinde önemli rol üstlenmektedir. Model geliştiriciler uzaktan algılama ve CBS'nin bu avantajlarını kullanabilmek için her iki teknolojiyi de model kapsamına eklemektedir. Bu nedenlerle araştırmalar disiplinler arası olarak yürütülmeye başlanmış, geliştirilen modellerde su kalitesi ve hidroloji konularındaki bilgi ve eşitliklerden yararlanılmıştır.

Toprağın üzerinde akan su, ıslak çevreye bir kuvvet uygular. Suyun akış hızına bağlı olan bu kuvvet, belli bir miktardan sonra toprak tanelerini hareket ettirir. Ağırlığı az olan taneler suyun içinde asılı kalırken daha fazla ağırlığa sahip taneler su ile birlikte sürüklenir. Su ve hava ile taşınan, bunların içinde asılı kalan veya çökelen katı cisimler *sediment* olarak adlandırılır. Toprağın su ve rüzgarla taşınması, yerçekimi kuvvetinin etkisi

ile kayması veya insan tarafından başka bir yere taşınmasına ise *erozyon* denir (Okman 1994).

Erozyon, aşındırıcı güce göre su, rüzgar, buzul, dalga ve yerçekimi erozyonu olmak üzere beş grupta toplanır. Bunlardan buzul, dalga ve yerçekimi erozyonu gerek yaygınlıkları, gerekse tarım arazileri üzerindeki etkileri bakımından diğerlerinin yanında çok önemsiz kalmaktadır. Sediment kaynakları, doğal ve yapay olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır. Doğal sediment kaynaklarını çeşitli erozyon tipleri (yağmur damlası, yüzey, parmak, oyuntu ve akarsu yatağı) ve toprak kaymaları oluşturmaktadır. Yapay sediment kaynaklarını ise tarımsal işlemler, şehir inşaat bölgeleri, anayol inşaatları, orman içi yollar, korumasız yol kenarları, akarsu yatağı derinleştirilmesi ve ıslahı, akarsu yatağından kum ve çakıl alımları, maden - taş ocakları, endüstriyel ve şehirsal atık sular teşkil etmektedir. Sediment öğeleri probleme göre ayrı değerlendirilir. Örneğin sediment birikiminin bir sonucu olarak göl kapasitesinde meydana gelen azalmanın saptanmasında, yatak yükü ve asılı yük miktarı birlikte değerlendirilir. Kanal tabanının oyulması ile eğimin artması veya kullanma suyunun arındırılmasında, yatak yükü ile asılı yükün ayrı olarak ele alınması gereklidir. Kuşkusuz bu miktarlar, problemin bulunduğu yerden geçen toplam sediment yüküne göre önemli düzeyde farklılık gösterir (Bennett 1939, Bennett 1955, Anonim 1978, Öztürk ve Girgin 1987, Okman 1994).

CBS, belirli bir amaçla yeryüzüne ait grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, bilgisayar ortamına girilmesi, depolanması, işlenmesi, analizi ve sunulmasına yönelik donanım, yazılım ve personelden oluşan bir bütün olarak adlandırılır (Anonim 1988, Aronoff 1989, Sarbanoğlu 1989, Taştan 1991, Bank 1994, Anonim 1995).

Bir olay ile etkili faktörler arasındaki ilişki bilindiği durumda, bu faktörlerin değişik miktarlarına göre olayın nicelikleri elde edilebilir. Bir olayın etkili faktörlere göre meydana gelişini gösteren ilişkiye *model* denir. Bir olayın model yardımıyla yapay olarak elde edilmesi *simülasyon* olarak tanımlanır (Okman 1994). Hidrolojik modeller ampirik, deterministik ve stokastik bazı olabilir. Ampirik modeller fazla miktardaki verinin analizi ve girdi ile çıktı arasındaki ilişkinin istatistik analizi ile geliştirilir. Bu modeller coğrafi bölgeler arasında kolaylıkla transfer edilemez. Ünlversal toprak kaybı eşitliği (Universal Soil Loss Equation - USLE) bu tip modellere en iyi örnektir. Deterministik modeller (teorik veya işlem tabanlı olarak da adlandırılır), bir işlemin matematiksel tanımlamasıdır. Coğrafi değişimlerden

bağımsızdır ve ampirik modellerden daha geniş uygulama alanına sahiptir. İşlevin tümünü tanımlayabilmek için tüm etkenlerin bilinmesi ve modele dahil edilmesi gereklidir (Ward ve Elliot 1995). Stokastik modelin tersine belirli bir girdi hep aynı sonucu verir. Örneğin taşkın öteleme işlemi deterministik bir olaydır. Bütünleyici (lumped) ve dağınık (distributed) olmak üzere ikiye ayrılabilir. Bütünleyici modelde parametrelerdeki konumsal farklılıklar dikkate alınmadan tüm havzanın homojen özelliklere sahip olduğu kabul edilir. Homojen havzadaki birim hidrograf ve konsantrasyon zamanı bütünleyici elemanlardır. Dağınık model bir havzanın çok sayıda alt havzaya bölünerek simüle edilmesiyle elde edilen sonuçların birleştirilmesidir. Stokastik modeller ise hidrolojik olayların uzun yıllar gözlemlerine dayanarak muhtemel durumlardan her birinin meydana gelme olasılığının hesaplanmasıdır (Anonim 1975, Lo 1992).

Modelleme çalışmasının temelinde; (1) karmaşık ve etkileşimli olayların temel veriler yardımıyla ifade edilmek istenmesi, (2) bütün ölçümlerin yapılmadığı alanlarda istenilen bilgilerin benzer alanlarda test edilip doğrulanmış modeller yardımıyla elde edilmek istenmesi, (3) ölçüm yapmanın fazla zaman ve maliyet gerektirdiği durumlarda bu dezavantajları elimine ederek sonuçları olabildiğince çabuk görmek için ve (4) ileriye yönelik olarak tahmin edilen değerlerle farklı alternatiflerde ne tür sonuçlara ulaşılabileceğini görmek yatmaktadır.

Ülkemizde yağış - yüzey akış, noktasal kaynaklı olmayan kirliliğin modellenmesi çalışmaları bilgisayar modellerinin geliştirilmesi ve ülkemize gelmesiyle son birkaç yılda hız kazanmıştır. Bu noktadaki handikap ülkemize dışarıdan gelen pek çok konuda (referans ve bitki su tüketim tahmini, toprak erozyon tahmini, bitki gelişim modeli vb.) olduğu gibi yağış - yüzey akış, erozyon, su kalitesi modellerinin şartlarımıza (toprak, iklim, bitki, topografya, yetiştirici gibi) uygunluğunun bilinmemesidir.

Bu çalışmada, dünyada yaygın şekilde kullanılan yağış - yüzey akış - erozyon modellerinin (AGNPS, SWRRB ve GLEAMS) CBS yardımıyla uygulanışı, CBS'nin bu modellere sağlayacağı yararların belirlenmesi ve modellerin geçerliliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

ABD’de yapılan 1096 farklı sediment gözlemini değerlendirerek, havza genişledikçe birim alandan taşınan sediment miktarlarının azaldığını saptanmıştır. Yapılan incelemede; alanı 26 km² den daha küçük 650 havzanın yıllık ortalama sediment veriminin 1810 m³/km², alanı 26 km² den büyük olan 118 havzanın yıllık ortalama sediment veriminin ise 238 m³/km² olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre; küçük havzaların sediment veriminin büyük havzalardan 7-8 kat daha fazla olduğu saptanmıştır (Gottschalk 1964).

ABD’deki bir su toplama havzasının sediment kaynakları ve sediment iletim oranlarının incelendiği bir çalışmada sediment kaynağı olarak yüzey, akarsu kanalı, oyuntu ve yol kenarları erozyonları gösterilmiştir. Yılda ortalama 2 300 000 ton olan erozyon miktarına karşılık, havza çıkış noktasında 1 600 000 ton sediment ölçüldüğü belirtildikten sonra ortalama sediment iletim oranı % 70 olarak hesaplanmıştır (Anonim 1971).

Güçer (1972), ülkemizdeki 55 istasyonda 1957-1969 yılları arasında kaydedilen yağışların çizelgelerinden yararlanarak Türkiye eş erozyon haritasını hazırlamıştır. Bu haritada ortalama erozyon indeks dağılımları yıllık ve aylık olarak belirtilmiştir. Ayrıca yağış istasyonları için, yıllık yağış erozyon indekslerinin aylara göre dağılım eğrileri çizilmiştir.

Williams ve Berndt (1972), Teksas’daki Brushy çayında 1962-1970 yılları arasında yaptıkları çalışma ile USLE’den yararlanarak yüzey ve parmak erozyonunun neden olduğu sediment miktarını alt havzalar için saptamışlardır. Alt havzalardan olan sediment taşınımı ölçüldükten sonra sediment iletim oranları bulunmuştur. Araştırmacılar USLE’deki yağış katsayısını 157.1-725.7, toprağın erozyona duyarlılık katsayısını 0.33-0.36, topografik katsayıyı 0.28-0.32, bitki yetiştirme ve yönetim katsayısını 0.09-0.32 ve toprak koruma önlemleri katsayısının da 0.10-0.39 arasında değiştiğini saptamışlardır. Öte yandan USLE ile bulunan toprak kaybının, ölçülen sediment miktarının ve hesaplanan sediment iletim oranının yıldan yıla değişim gösterdiğini vurgulamışlardır.

Dönmez (1974) havza parametreleri yardımıyla (alan, ana kanal uzunluğu, drenaj yoğunluğu, havza genişliği, ana kanal eğimi gibi) akım miktarını tahmin etmeye çalışmıştır. DSİ ve EİE’ den alınan ham veriler, tablo haline getirilerek faktör analiz tekniği uygulanmış, çoklu regresyon ile havza

parametrelerinin akım ile bağlantısı araştırılmış, aylık - yıllık ampirik denklemler elde edilmiştir.

Aybaş (1976), 3.46 km² alana sahip Beytepe rezervuar havzasında yapmış olduğu çalışmada 1967 - 1975 yılları arasında ıskara metoduyla gölette biriken sediment miktarını 2388 m³/yıl bulmuştur. Fizibilite çalışmaları sırasında Musgrave formülüne göre sediment verimi 3893 m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

Reed (1976), ABD'nin Pensilvanya eyaletindeki Biksler Run su toplama havzasında yağış, akım, sediment miktarı ve akarsuyun kimyasal özelliklerine ilişkin bir çalışmada 1954-1969 yılları arasında elde edilen verilerden yararlanarak, havzanın yıllık ortalama sediment veriminin 22 t/km², akarsudaki asılı sediment konsantrasyonunun gözlem süresinin % 70'inde 10 mg/l den az olduğunu ve klorid iyonlarının yıldan yıla giderek azaldığını saptamıştır.

Gürkan (1976) baraj göllerindeki çökeltme ile ilgili sorunları incelemiştir. Çalışmalar matematiksel model, fiziksel model ve arazi çalışmalarına dayanmaktadır. Laboratuvar çalışmaları ile rezervuardaki delta oluşumu incelenmiştir.

USLE'deki yağmur enerjisini değişkeninin, 1975 yılında Williams tarafından yapılan araştırmada yüzey akış değişkeni ile değiştirilmesiyle, USLE de sediment iletim oranına olan gereksinmeyi ortadan kaldırdığı ve bağımsız akışlara daha kolay uygulanabilir niteliğe geldiği bildirilmektedir. Ayrıca Texas'da alanları 0.7 ila 513 km² arasında değişen 26 havzada MUSLE ile taşınım tahmini yapılmış ve eşitlikler ortalama 0.98 r² değeriyle tahminde bulunmuştur (Williams ve Berndt 1977b).

Güresinli (1978), Tortum gölü su toplama havzasında sediment sorununun ortaya konması ve toprak kullanımında uygulanabilecek yolların belirlenmesi amacıyla 1974-1976 yılları arasında bir araştırma yapmıştır. Çalışma sonunda havzanın yıllık ortalama debisinin 6-8 m³/s, yıllık su potansiyelinin 196 x 10⁶ ile 257 x 10⁶ m³ arasında değiştiğini ve asılı sediment miktarını 1 759 000 m³ bulmuştur. Öte yandan Meyer - Peter ve Müllers eşitliğine göre yatak yükü 227 000 m³, havzadan gelen yıllık ortalama sediment miktarı da 1 986 000 m³ olarak saptandıktan sonra, havzanın yıllık ortalama sediment verimi 2 900 t/km² olarak verilmiştir. Araştırmacı Tortum gölü tabanında 4.5 m yüksekliğinde sediment biriktiğini ve bunun alanının 256.5 da olduğunu saptamıştır. Sedimentin en

az % 85'inin gölde tutulacağını kabul ederek; Tortum gölünün yaklaşık olarak 1.5 asır sonunda sediment ile dolacağını vurgulamıştır. Çalışmada ayrıca USLE'ye göre yıllık ortalama yüzey erozyon miktarı 56 t/ha olarak bulunmuştur.

Okman (1978), su depolama yapılarında yıllık kapasite azalma yüzdesinin, sediment tutma randımanına bağlı olarak değiştiğini ifade etmekte ve sediment tutma randımanının esas olarak sediment karakteristikleri ile göle giren akım süresine bağlı olduğunu belirttikten sonra en önemli sediment karakteristiklerini de tane dağılımı, farklı yoğunluktaki tanelerin davranışı, çözülmüş yük, sıcaklık ve kümeleşme olarak sıralamaktadır. Depolama kapasitesinin, giren akıma oranına göre yaklaşık olarak çökeltme hızının saptanabileceğini açıklayarak akım ölçmelerinin bulunmadığını durumda, depolama kapasitesinin, havza alanına oranının sediment tutma randımanını belirten bir gösterge olarak belirli bir hidrolojik yöre için kullanılabileceğini belirtmektedir.

Yurtsever vd. (1978) tarafından Türkiye'deki bazı akarsu debileri ve sediment miktarları arasında logaritmik ilişkiler bularak sediment anahtar eğrileri oluşturmuşlardır. Formülize edilen bu logaritmik ilişki sonucu her bir havza için günlük sediment miktarının (ton/gün) hesaplanması mümkün hale gelmiştir. İstasyonların rasat süresine bağlı olarak yaptıkları değerlendirmelerle her bir istasyon için yıllık ortalama sediment miktarını (ton/yıl) ve bu istasyonlara ait sediment verim değerlerini 33 - 819 ton/yıl/km² olarak bulmuşlardır.

Egemen (1979) yıllık ortalama sediment birikimi 1.5×10^6 m³ olan Seyhan baraj gölünün sediment ile dolması ihtimalini çeşitli yöntemler yardımıyla araştırmış, elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır. İncelenmesinde iskandil haritaları, akım ve sediment ölçümleri (günlük, haftalık, aylık, yıllık dizi olarak) kullanılmıştır. Yöntem olarak (1) log-normal olasılık dağılımına uyan anahtar eğrisi (2) sediment değerlerinin de bir log-normal olasılık dağılımına uyduğu gözlemine dayanarak aynı olasılık değerlerine karşı gelen akım ve sediment debileri birlikte ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre iskandil haritalarından elde edilen çökeltme miktarının, hesaplananlara oranla yaklaşık 4 kat fazla olduğu gözlenmiştir. Buna neden olarak ölçümlerin yetersizliği ve taşkın ölçümlerinin yapılamaması gösterilmiştir.

Atalay (1980), genel anlamda akarsularımızın taşıdığı ortalama asılı sediment miktarlarını belirtmek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada EİE tarafından yapılan gözlemlerden yararlanmıştır. İncelemeler sonunda, en

fazla sediment taşıyan nehirler Fırat, Yeşilırmak, Kızılırmak ve Ceyhan olarak sıralanmıştır. Öte yandan Türkiye genelinde denizlere, göllere ve ülke dışına taşınan yıllık ortalama sediment miktarının 380×10^6 ton olduğu ve akarsularla taşınan yıllık ortalama sediment miktarı ile yıllık ortalama debi arasındaki oranın 1/1000 ile 1/100 000 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Çanga (1981), USLE'yi kullanarak Bala Devlet Üretim Çiftliği topraklarının erozyon eğiliminin saptanması ve toprak koruma planının çıkarılması amacıyla bir araştırma yapmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği alandaki parsellerde eş yükseklik eğrilerine paralel ve 24.76 – 42.33 m genişlikteki şeritler boyunca ekim yapılmasını önermiştir.

Doğan (1982), USLE katsayılarını Ankara koşulları için belirlemek amacıyla bir araştırma yapmıştır. Araştırmacı Orta Anadolu bölgesi iklim koşulları için toprağın erozyon duyarlılık katsayısını 0.21, bitki yetiştirme ve yönetim katsayısını buğday için 0.26, toprak koruma önlemleri katsayısını eşyükseklik eğrilerine paralel ekim için 0.57, eğim uzunluğu katsayısını farklı eğim uzunlukları için 0.52-1.18 arasında ve eğim derecesi katsayısını ise 0.60 olarak önermektedir.

Görcelioğlu (1982), ülkemizde akarsu havzalarının sediment verimlerini etkileyen iklim, akım ve havza özelliklerine ilişkin olarak seçilen 34 değişkenin belirli ölçü ve görüşlere göre oluşturduğu 23 bağımsız değişken gurubunun, kademeli regresyon analizlerini yaparak uygun değişkenleri seçmiştir. Buna göre havzaların sediment verimleri üzerinde en önemli etkiyi sırasıyla; yükseklik farkı, havzanın orta yüksekliği, tarım alanları yüzdesi, çayır ve mera alanları yüzdesi, sıklık katsayısı ve havzanın ortalama eğiminin yaptığını saptamıştır.

Subramanian (1982) tarafından Hindistan'ın Krisna nehri havzasında yapılan 6 yıl süreli çalışmada, sediment miktarının, yıllık yüzey akışlarla değiştiği belirlenmiştir. Çeşitli alt havzalar için saptanan erozyon miktarları karşılaştırıldığında; küçük havzalardaki aşınmanın büyük havzalardakine oranla daha hızlı olduğu görülmüştür.

Ülkemizdeki yıllık erozyonun yaklaşık 500×10^6 ton olduğu, toprağın ortalama % 0.1 N, % 0.15 P_2O_5 ve % 1.5 K_2O kapsadığı göz önüne alınarak söz konusu erozyonla her yıl 8 750 000 ton bitki besin maddesinin kaybolduğu öne sürülmüştür. Öte yandan sediment birikimi ile verimli arazilerin oluşacağı ancak bu yolla 1 m²'lik arazinin meydana gelebilmesi

için 800 – 1 300 m² 'lik alandan erozyon olmasının gerektiği belirtilmiştir (Anonim 1983).

Fournier (1972) tarafından, Afrika'da 715, Güney Amerika ve Antiller'de 701, Asya'da 610, Kuzey ve Orta Amerika'da 491, Avustralya'da 273 ve Avrupa'da 84 ton/km²/yıl toprak kaybı olduğu; Doğan (1982) tarafından, ülkemizde tarım yapılan alanların 13.78 milyon hektarında orta, 2.08 milyon hektarında şiddetli ve 1930 hektarında çok şiddetli derecede su erozyonu olduğu, akarsu havzalarımızda ise sediment veriminin yıllık 615.5 ton/km²/yıl olduğu belirtilmiştir (Sayın 1983).

Narayana ve Babu (1983), Hindistan'da akarsuların sediment yükleri ve su depolama yapılarında sediment birikimini saptamak amacıyla, 20 farklı arazi kullanım bölgesi için yıllık toprak kaybı verileri, bazı akarsuların sediment yükleri, 36 akarsu havzası için yağışın erozyon yapıcı özelliği ve 17 büyük su depolama yapısının tutma randımanından yararlanarak sediment miktarının saptanmasında kullanılmak üzere regresyon eşitlikleri geliştirmişlerdir. Bu eşitlikler yardımıyla yılda ortalama olarak 16.4 ton/ha toprağın taşındığını ve bu miktarın, izin verilebilir 4.5 – 11.2 t/h/yıl değerinden fazla olduğunu saptamışlardır. Öte yandan erozyona uğrayan toprağın % 29'unun denizlere gittiği, % 10'unun ise su depolama yapılarında biriktiğini öne sürmüşlerdir.

Sayın (1983), Orta Anadolu'nun pek çok yöresinde yaygın olarak kullanılan tarımsal işlemlerin ve uygulanması kolay bazı önlemlerin su erozyonuna etkinliklerini saptamak amacıyla yaptığı araştırma sonucuna göre; anız yakmak erozyonu hızlandırmış, eşyükseklik eğrilerine paralel sürüm-ekim, eğim yönündekilere üstünlük sağlamıştır. Toprak ve su kayıpları, üst toprağı alınan konularda, alınmayanlardan daha fazla olmuştur.

Larson ve Albertin (1984), Panama Kanalı havzasının yıllık ortalama sediment miktarını 1973 - 1978 yılları için, 29.1 t/yıl olarak vermişler ve havzada 1978 yılından sonra bir yönetim programının uygulanmaya başladığını belirtmişlerdir.

Andraski vd. (1985) doğal ve yapay yağışların dört farklı toprak işleme yönteminde (kulaklı pulluk, diskli pulluk, toprak işlemeli mısır ve toprak işlemesiz mısır) % 6 eğime sahip, hidrolojik toprak gurubu B olan araziye yüzey akış açısından karşılaştırmıştır. Ölçülen debiler toprak işleme yöntemine göre sırayla 0-28.9, 0-7.7, 0-12.7, 0-8.4 mm ve pik debi 0-4.5, 0-1.5, 0-2.08, 0-1.59 l/s arasında değişmiştir. Yağış miktarı, bitki ve toprak

durumuna göre yüzey akış ve pik debi miktarını veren erozyon eşitlikleri geliştirilmiştir.

Fatt (1985), Malezya'daki akarsu havzaları sediment verimlerinin 10 – 1550 t/km²/yıl arasında değiştiğini ve bu değerlerin ortalama olarak 145 t/km²/yıl olabileceğini belirlemiş ve toplam sedimentin % 80'inin arazi kullanım şekline göre değiştiğini vurgulamıştır.

Gilley ve Finknar (1985) yaptıkları çalışmada yağmur damlası büyüklüğü ile hızının etkili olduğu toprak ayrışma eşitliklerinin mevcut veriler ile değerlendirilmesini ve yağmur tanelerinin toprağı parçalama miktarının tespitini amaçlamışlardır. Seçilen 10 eşitlikte belirtme katsayısı (r^2) 0.653 ile 0.856 arasında değişmiştir.

Johnson vd. (1985) Reynold havzasında 1200 yüzey akış - sediment verim olayında MUSLE'yi test etmiş, büyük olaylarda ölçülenden az, küçük olaylarda ölçülerden büyük değerler hesaplanmıştır. Araştırmacılar tarafından regresyon eşitliği elde edilmiştir. Dört alt havzadaki toplam 164 olayda toplam ölçülen sediment miktarı 2.78×10^5 t iken bu değer MUSLE ile 1.83×10^5 (% 34 düşük) regresyon eşitliği ile 1.18×10^5 t (% 58 düşük) olmuştur.

Rudra vd. (1985) CREAMS modelinin toprak erozivitesi ve toprak hidrolik iletkenliği bölümlerinde yapılan değişiklikleri kalibre etmek için mısır ekili 44.2 x 6.4 m boyutlarında % 7.2 - 9 eğime sahip 10 farklı alanda yaptıkları çalışmada 5 yıllık (1971-1975) verilere göre hidroloji alt modeli ve bitki besin maddesi alt modelinin fosfor sonuçları ölçülen değerlere uygun sonuç verirken, erozyon alt modeli kabul edilebilirlik sınırlarında sonuç vermiştir.

Sevinç (1985), Dutluca I gölet havzasında ıskara yöntemini kullanarak yapmış olduğu çalışmada, 9.44 km² alana sahip havzanın 1976-1985 arası sediment verimini 276.7 m³/yıl bulmuştur. Musgrave formülüne göre bu miktar 1228.8 m³/yıl olarak tespit edilmiştir.

Gilliland ve Potter (1987) tarafından Nebraska'daki Elkhorn nehri havzasında yem bitkisi, çayır ve mısır yetiştirilen 2.59 km² alanda yüzey akışı ölçmüş, bakteri yoğunluğunun oldukça arttığını, asılı sedimentin en çok mısır yetiştirilen alanda olmak üzere 423-925 mg/l arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Guy vd (1987) yapay yağış kullanarak parmak arası akımın taşıma kapasitesini ölçmek ve yağmur damlası ile yüzey akışın etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. Araştırma 0.69 x 1.5 m genişliğindeki yeknesak partikül boyutuna sahip toprakta sadece akım ve sadece yağışın olduğu durumda sediment taşıma kapasitesi belirlenmiştir. Elde edilen eşitliklerin belirtme katsayısı 0.747 - 0.906 arasında değişmektedir.

Alanı 5.774 km² olan İkinci II gölet havzasında 1981-1987 yılları arasında ıskara metoduyla yapılan ölçme sonucu sediment verimi 203 m³/yıl, ampirik formülle ise 579.42 m³/yıl olarak bulunmuştur (Köse ve Akar 1987).

McCool vd. (1987) USLE eğim faktörünü (S) revize etmişlerdir. Eğimleri % 0.1 ile % 32 arasında olan 20 farklı alandaki yüzey ve parmak erozyon miktarları analiz edilerek; eğimin % 9'dan küçük ve büyük olmasına göre 2 farklı eşitlik elde edilmiştir. Eşitlikler düşük eğimde orijinal denkleme göre daha az erozyon tahmin etmiştir.

Öztürk ve Okman (1987), su depolama yapılarına gelen sediment miktarının tahmin edilmesinde en iyi yöntemi belirlemek amacıyla Ova çayı Eybek havzasında (1) Dendy ve Bolton, (2) EIE I. eşitliği, (3) EIE II. eşitliği ve (4) Görçelioğlu eşitliklerini karşılaştırmış, Görçelioğlu I-5 numaralı eşitliğin ölçülen değerlere (80.533 t/km²/yıl) en yakın sonucu (96.125 t/km²/yıl) verdiğini belirtmiştir.

Bocco ve Valenzuela (1988) tarafından Orta Meksika'da oyuntu erozyonun uzaktan algılama ve CBS ile belirleme teknikleri değerlendirilmiştir. Çalışmada Landsat TM ile SPOT verileri ILWIS (Integrated Land and Watershed Management Information System) programıyla işlenmiş, erozyon alanlarının otomatik olarak belirlenmesi, arazi kullanımının görsel sınıflandırılması ve iki setin entegre edilerek erozyon alanlarının konumsal dağılımı belirlenmesi amaçlanmıştır. SPOT verilerine göre çalışma alanının % 9.06'sı, Landsat verilere göre ise % 24.22'si erozyona uğramıştır.

DelRegno ve Atkinson (1988), Landsat MS görüntülerini arazi kullanımının değişimini ve su kalitesini koruma çalışmalarının yoğunlaştırılması gereken alanları belirlemek için kullanmışlardır. Su kalitesi verileri, uydu görüntüsünün incelenmesi sonucu muhtemel etkilenen alanların kontrolü için kullanılmıştır. Uzaktan algılama teknolojisinin havzalarda sediment ve bitki besin maddesi dağılımının azaltılması çalışmalarında etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Eren (1988) havzalardaki yüzey akış hidrografının elde edilmesi ve sediment miktarının hesaplanmasını sağlayan Hydrologic Model Program (HMP)'ı incelemiştir. Program genel anlamda, yağış değerlerinin akış hidrografına dönüştürülmesi, bu hidrografın akarsu ve vadi boyunca ötelenmesini ve havzanın herhangi bir noktasındaki sediment miktarının hesaplanmasını amaçlamaktadır. Programın kullanımı, yağış ve akım ölçümleri mevcut bir havzaya uygulanarak açıklamıştır. Program, pik debi tahmininde % 1.62 hata ile ölçülen değerlere yakın sonuç vermiştir.

Oslin vd. (1988), vektör tabanlı çizim ve tasarım sistemleri ile raster tabanlı görüntü işleme teknolojisinin kaynak tahsisi ve çevresel modelleme çalışmalarında yararlarını belirtmiş, hidrolojik, hidrolitik, erozyon ve sediment taşınım modellemesi için STREAMS (Soil, Transport, Rainfall, Erosion, and Mapping System) modelini geliştirmişlerdir. Program, taşkın ötelemesi ve havza yönetimi için bilgisayarlar arasında veri transferinde ve havza olaylarını modellemede kullanılmıştır. ABD'deki White rock havzası, test havzası olarak seçilmiş, havzadaki toprak kaybını ve toprak erozyon sınıflarını USLE ile belirlemek için toprak tipi, topografya, eğim, yağış süresi ve sıklığı, arazi kullanımı ve arazi örtüsü bilgileri kullanılmıştır. Landsat ve Spot uydu görüntüleri arazi bilgisini belirleme ve zaman içinde değişimini saptamak için kullanılmıştır. Program çıktısı olarak erozyona uğrayabilir toprak sınıflandırması, taşınım ve birikim, farklı yağış durumlarında taşkın öteleme haritaları alınmıştır.

Öztürk ve Okman (1988), USLE eşitliği ile yıllık ortalama sediment miktarının hesaplanabilmesi için bilinmesi gereken sediment iletim oranının hesaplanmasında Roehl, Maner, Piedmont, Williams ve Berndt eşitlikleri, Çizelgesel ve SCS Yöntemleri Ova çayı Eybek havzasında karşılaştırılmıştır.

Steiner ve Douglas (1988), ABD'deki Missouri havzasında erozyon kontrol çalışmalarını aşağıdaki 11 maddede özetlemiştir. (1) İnsan veya çevreye ait problem tanımlanır. (2) Problemi çözecek amaç veya amaçlar tanımlanır. (3) Ekolojik araştırma ve analizler alt havza ve havza bazında yapılır. (4) Bu araştırma ve analizlere insan ve bio-fiziksel işlemler eklenir. (5) Sürdürülebilirlik, problem ve amaç arasındaki bağ gibi detaylı çalışmalar yapılır. (6 ve 7) Master plana öncelik verecek içerik belirlenir ve geliştirilir. (8) Çalışmayı halka yansıtmak için sistematik eğitim çalışması yapılır. (9) Detaylı tasarım geliştirilir. (10) Plan ve tasarım uygulanır. (11) Plan izlenir ve yönetilir.

Karagöz (1989) DSİ ve EİE tarafından yapılan akım seviyesi ölçümlerinin günlük ortalama akıma elle çevrilmesinin uzun bir işlem olduğunu belirterek bu süreci kısaltmayı amaçlamıştır. Günlük akım miktarlarından, akım ölçüm istasyon bilgisi ve anahtar eğrisini kullanarak akarsu debisini hesaplayacak bir bilgisayar programı (Rasat Data) geliştirmiştir.

Sevinç (1990), Eskişehir-Sivrihisar-Mercan köyü Yağlı göleti havzasında 1979-1988 yılları arasında yapmış olduğu çalışmada sediment verimini ıskara yöntemiyle ölçme sonucu $332.791 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulmuştur. Havza alanı 14.9 km^2 olan havza için sediment verimi USLE eşitliğiyle $869.95 \text{ m}^3/\text{yıl}$, MUSLE modeliyle $1131.869 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve Musgrave formülüyle $4110.257 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulmuştur.

Shih (1990), yağış verilerinin su kaynakları ilişkili problemlerde önemli bir parametre olduğunu belirterek, uzaktan algılama teknikleri yardımıyla hızlı bir şekilde yağış miktar ve dağılımının belirlenebileceğini öne sürmüştür. GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) verileri ve Scofield-Oliver metodunun CBS de birleştirilmesiyle Florida'ya ait yağış verileri incelenmiştir. CBS'deki hücre büyüklüğü 48 km^2 olarak seçilmiş, çalışmaya 26 yağış istasyonu dahil edilmiştir. Sonuçta uydu verileri ile ölçüm sonuçları arasındaki ilişki (r^2) 0.81 olarak bulunmuştur.

Stuebe ve Johnston (1990), yağıştan kaynaklanan yüzey akışı 6 havzada CBS yardımıyla ve CBS yardımı olmaksızın klasik yöntemle Soil Conservation Service (SCS) metoduna göre hesaplamıştır. CBS, modelleme aşamalarının hepsinde (havza sınırlarının, yüzey akış yönü ve yolu, yükseklik, toprak özellikleri ve arazi örtüsü belirlenmesi gibi) kullanılmıştır. Havza sınırlarında % 0.4 - % 37.6, yüzey akış tahmininde % 0.9-% 32.8 kadar farklılık saptanmıştır. İki yöntemin karşılaştırılmasında düz arazilerde CBS yardımının, klasik yöntem yerine kabul edilebilir bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur. CBS yönteminin büyük veya fazla çalışma alanlarında avantaj sağlayacağı, alternatif arazi örtüsü oluşturmada sonucun derhal görülmesini sağladığı belirtilmiştir.

Funnpheng vd. (1991), çalışmalarında USLE ve CBS yazılımlarını Tayland'daki Phetchabun bölgesindeki toprak erozyonunu tespit için kullanmışlardır. Toprak erozyon indeksi (K), eğim uzunluğu ve eğim indeksi (LS) ve yağış indeksi (R) kullanılarak potansiyel toprak erozyon haritası hazırlanmıştır. Potansiyel toprak kaybı haritaları, örtü indeksi haritalarıyla karşılaştırılarak gerçek erozyon haritası elde edilmiştir. Sonuç

haritası 0-6, 6-31, 31-125, 125-600 ve 600 t/ha/yıl değerinden çok erozyon olan 5 sınıfa bölünmüştür.

Karnieli (1991), toprak nem hesabında yarı dağınık yağış-yüzey akış modelinin uygulanmasını açıklamıştır. Çalışma alanında üniform olmayan yağış verilerine ek olarak farklı kaynak ve konuma sahip pek çok değişken ve parametre modele dahil edilmiştir. Model, CBS yardımıyla karşılaştırma ve matris analizini zaman ve alana bağlı olarak yapabilmektedir. CBS katmanları ikiye ikiye karşılaştırılarak elde edilen çıktı bir sonraki analize girdi olarak verilmiştir.

Özsaraçoğlu (1991) ülkemizde birçok küçük havzada akım ölçümü yapılmadığını belirterek bu tip havzalarda yağış - akım ilişkilerinin belirlenmesi için bir modelleme çalışması yapmıştır. Orta Anadolu Bölgesi'nin karakteristiklerini taşıyan Güvenç Havzası örnek havza olarak seçilmiş ve yağış - akım ilişkisini belirlemek için SCS modeli uygulanmıştır. Çalışmada 1 saatlik birim hidrograf debisi 23 m³/s/cm, pike ulaşma süresi 123.33 dakika ve süresi 317 dakika olarak bulunmuştur. Seçilen olayların kalibresi ve tespitinde Rainmod bilgisayar modeli kullanılmıştır. Seçilen 8 olayda pik debi ve pike ulaşma zamanları tespiti çalışılmış, pik debide % 0.47 - 27.68, pike ulaşma zamanının da % 0 - 16.7 hata oluşmuştur.

Sasowsky ve Gardner (1991), ABD'nin Arizona eyaletinde raster CBS yardımıyla SPUR modelini kullanarak yağış-yüzey akış ilişkilerini belirlemeye çalışılmışlardır. Havza, akım segmentlerine ve bunları çevreleyen alanlara ayrılarak incelenmiştir. CBS yardımıyla havzanın sayısal yükseklik modelinden akım ağının oluşturulması ve numaralandırılması yapılmıştır. Modelin kısıtlamalarından dolayı 4. dereceden sonra sonuçlarda bir iyileşme görülmemiştir. Bununla beraber SCS Eğri Numarası metodundan elde edilen yağış-yüzey akış verilerinin model simülasyonunu etkilediği belirtilmiştir.

Vieux (1991), kirleticilerin yüzey akış ile yüzeysel su kaynaklarına ve infiltrasyonla beraber derine sızma ile yeraltı suyuna karıştığını belirterek, hidrolojik döngünün su kalitesi ve miktarı açısından çok önemli olduğunu, aynı zamanda noktasal kaynaklı olmayan kirleticilerin konumsal dağılımı ve havza özellikleri tarafından da etkileneceğini belirtmiştir. Araştırmacı çalışmasında GRASS GIS ile AGNPS, CREAMS ve GLEAMS modellerini teorileri açısından karşılaştırmıştır.

Georgia üniversitesi uzaktan algılama ve haritalama merkezi ABD'nin güneydoğusundaki su kaynakları yönetimi sorunlarını çözmek için noktasal kaynaklı olmayan kirlilik, su kalitesi, tuz birikimi ve taşkın öteleme konularında pek çok proje başlatmıştır. Bu çalışmalar güneydoğudaki su kaynaklarıyla ilişkili problemlerin çözümünde kaynak, materyal, veri tabanı ve CBS analiz tekniklerine dayanmaktadır. Bilgisayar, haritalama, CBS ve uzaktan algılama sayesinde kaynak yönetimi çalışmaları artık bürolarda yapılabildiği belirtilmiştir (Welch vd. 1991).

Yalçınkaya (1991) Türkiye'de işletilmekte olan 16 büyük barajının sedimentasyon problemlerini araştırmıştır. Bu barajlara ait hidrografik çalışmalar değerlendirilerek planlanan sediment verimleri ile gerçek durumdaki değerler karşılaştırılmıştır. Ayrıca, her bir barajın sediment birikim oranı, rezervuar hacmindeki azalma ve ekonomik ömrü hesaplanmıştır. Derinlik-kapasite ve sediment dağılım eğrileri çizilmiştir. Ayrıca hidrografik çalışmaların değerlendirilmesi sonucu drenaj alanı ve yıllık sediment birikimi arasında bir ilişki kurularak ilgili eğri logaritmik kağıt üzerinde çizilmiştir.

ABD'nin Kentucky bölgesinde yapılan çalışmada, seçilmiş 12 havzada konumsal verilerin derlenmesi ve havzadaki yüzey akışın modellenmesi için gerekli parametrelerin belirlenmesinde CBS kullanılmış, bu değerler elde edilirken CBS'nin büyük yardımı görülmüş fakat kullanılan WAHS (Watershed hydrology simulation) modeli ile elde edilen sonuçlar, gözlenen değerlere uyum sağlamamıştır. Ölçülen değerlerle tahminler arasında yüzey akışta -% 2.6 ila % 42.4, pik debide ise - % 75 ila % 51 arasında farklılık oluşmuştur. Çalışma CBS'nin yüzey akış modellemesinde avantaj ve dezavantajlarını ortaya koyma bakımından önem taşımaktadır (Bhaskar vd. 1992).

Blaszczyński (1992), RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) ile CBS'yi entegre etmek istemiş, raster haritalar ile konumsal dağılmış farklı RUSLE faktörleri çakıştırılmıştır. Hücre işlemleri ve girdi veri katmanlarındaki doğruluk ve sınırlamalar çerçevesinde yağmur, toprak tipi, bitki örtüsü, bitki ve toprak yönetim çalışmalarına bağlı olarak farklı toprak erozyon potansiyelleri USLE ile belirlenmiştir. Sayısal yükseklik modelinden LS faktörünün kolayca hesaplanabilmesi, büyük alanlar için toprak kayıp potansiyelinin oldukça çabuk belirlenebilmesini sağlamıştır. Çözünürlük, verinin kullanılabilirliğini ve kalitesini belirlediği için bu metodoloji farklı alan ve veri kümelerinde düşük, orta ve yüksek

çözünürlükle kullanılabileceğini, geliştirilen modelin diğer CBS'ler de kullanılarak global ölçekte çalışmalar yapılabileceğini belirtmektedir.

Garg ve Harrison (1992), 1957'de hava fotoğraflarının çekilmesi ile başlayan İspanya Albudeite alanındaki arazi kullanım sınıflama çalışmasını 1986'da arazi kullanımının değişimi belirlemek için tekrarlamışlardır. İkinci çalışmadan elde edilen veriler ile tarıma elverişli arazi azalması ve arazi kullanımının değişimini belirlemek için arazinin sayısal yükseklik modelini oluşturulmuş; yükseklik ve eğim gibi parametreler CBS ile değerlendirilmiştir. Sonraki aşamada erozyon risk haritası üretilmiştir. Arazinin yaklaşık olarak % 50'sinin erozyon riskini orta düzeyden tehlikeliye kadar değiştiği, işlenen arazilerin % 56'sında ise bu riskle tarım yapıldığı saptanmıştır.

Hamlett vd. (1992), ABD'nin Pennsylvania eyaletinde tarımsal kirlenme potansiyeli olan 104 havzada CBS tabanlı izleme modeli kurmuşlardır. Kirliliği; yüzey akış, sediment miktarı, hayvansal kirlenme ve kimyasal kullanım olarak 4 farklı indekse göre sıralamışlardır. Çalışmada mevcut havza sınırları, arazi örtüsü, hayvan varlığı, topografya, toprak bilgileri, yağış ve yüzey akış faktörü girdi verisi olarak kullanılmıştır. Bu bilgilerin ışığında yapılan hesaplamalar havzada noktasal kaynaklı olmayan kirliliğin belirlenmesinde ve ileriye dönük planlamalarda yardımcı olmuştur.

Kanada'nın Quebec bölgesinde havza bazında yapılan çalışmada toprak koruma çalışmaları için karar destek sistemi oluşturulmuştur. Sistem CBS ile entegre edilmiş ve çalışma alanı için toprak koruma alternatiflerinin haritası elde edilmiştir. Karar destek sistemince önerilen koruma tedbirleri sonucu 247 mm yağış sonrası sediment verimi ve ortalama erozyon oranında % 50'ye varan azalma olmuştur (Montas ve Madramootoo 1992).

Murty ve Venkatachalam (1992), erozyon sonucu sedimentasyon oluşumu, hareketi ve yüzey şekli değişiminin araştırıldığı pek çok çalışmayı derlemişler, bu çalışmalarda NRDMS-CBS ile erozyon hücresi yaklaşımını kullanarak kurak ve yarı kurak iklimlerde konumsal değerlendirmeyi kullanışlı bulmuşlardır. Erozyon hücresi erozyon olayında ana girdi ve temel birim olarak alınmış, harita analizi ve CBS teknolojilerinin bu tip çalışmalara adaptasyon olanağını test edilmiştir.

Öztürk (1992), çalışmasında EİE tarafından 1962 yılında 26 su toplama havzasında 86 istasyonda başlatılan asılı sediment gözlemlerinden yararlanmıştır. Sediment verimlerine göre havza ve akarsular sıralanmış,

akarsularla deniz, göl ve ülke dışına taşınan sediment miktarı hesaplanmıştır. Sediment verimi en yüksek havza 468.6 ton/yıl/km² ile Dicle, en az olan 198.6 ton/yıl/km² ile Aras dır. Ayrıca denizlere 55.5 ton/yıl, göllere 36.9 ton/yıl ve ülke dışını 26.5 ton/yıl asılı sediment taşıdığı belirtilmiştir.

Preti (1992), tarımsal havzalarda noktasal olmayan kirlilik modellemesinde; 1) iklim (yağış, sıcaklık, nem), 2) jeomorfoloji (sayısal yükseklik haritası, drenaj ağı), 3) litholoji ve pedoloji (bünye, derinlik, hidrolik iletkenlik, organik karbon içeriği), 4) insan faaliyetleri (arazi kullanım, pestisit ve kimyasal uygulaması) ve 5) toprak- atık madde ilişkileri (kimyasal ve fiziksel özellikler, aktif katman derinliği) bilgilerine gereksinim olduğunu belirtmektedir.

Tim vd. (1992), havza ölçeğinde kritik noktasal kaynaklı olmayan kirlilik alanlarının CBS ve su kalitesi modelleri yardımıyla belirlenmesini amaçlamışlardır. Virginia da daha önce kurulmuş bulunan CBS'ne toprak erozyonu, sediment verimi ve fosfor birikimini hesaplamak için basitleştirilmiş iki kirlilik modeli entegre edilmiştir. Model sonuçlarına göre noktasal olmayan kirlilik potansiyeli bakımından havza az, orta, yüksek olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır. Havzada kritik toprak erozyonu tüm havzanın % 15'inde, kritik sediment verimi % 16'sında ve kritik fosfor birikimi de % 21'inde olduğu belirlenmiştir.

Tong (1992), makalesinde Malezya'da su kalitesi, su ihtiyacı, tuzlulaşma kontrolü ve su kaynakları geliştirme planlaması için kurulan muRAISON CBS'ni tanıtmıştır. Sistem, harita, veritabanı ve hesap modüllerinden oluşmaktadır. Çok seviyeli sistem veritabanına erişme ve ulusal istatistik bilgilerinin haritalanmasına olanak vermektedir. Ulusal düzeyde elde edilen sonuçlar su kalitesi istasyonları veya kirlletici kaynaklarının bölgesel düzeyde belirlenmesinde kullanılmaktadır. Su kaynakları mikrobiyolojik kaliteye göre sınıflandırılmakta ve sonuçlar ortaya konmaktadır.

FAO tarafından dünyadaki büyük toprak gruplarının dağılımını, tarımsal potansiyelini belirlemek ve bunların yönetiminde yönlendirici olması için 1/25 000 000 ölçekli toprak haritası hazırlanmıştır. Ayrıca iklim, arazi kullanım ve verim haritaları oluşturulmuştur. Toprak, örtü ve arazi büyüklüğü arasındaki ilişki ve global iklim değişiminin topraklar üzerindeki mümkün etkileri kısaca belirtilmiştir (Anonim 1993).

De Vantier ve Feldman (1993), hidrolojik modellemede kullanılan havza özelliklerinin sayısal olarak ifade edilmesi ve işlenmesinde CBS'nin kullanılabileceğini belirtmiş, çalışmasında geçmiş çalışmaları ve trendi özetlemiştir. Coğrafi bilginin depolanmasında 3 ana yöntemden bahsetmiştir: Raster (grid), TIN ve vektör. Her üç yöntemde matematiksel, coğrafi ve hidrolojik temelleri tartışılmış ve uzaktan algılamanın hidrolojik modellemedeki yeri belirtilmiştir.

Engel vd. (1993), ABD'nin Indiana eyaletinde yaptıkları çalışmada CBS ile entegre edilmiş noktasal kaynaklı olmayan kirlilik modellerini yağış olaylarına karşı havza durumunu simüle etmek için kullanmışlardır. Sonraki adımda gözlenen yüzey akış ve sediment verileri ile simüle edilen veriler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak CBS yardımıyla toplanmış girdi verilerin kalitesi yeterli ise doğru sonuçlar alındığı gözlenmiştir.

He vd. (1993)'nin yaptığı çalışmada noktasal kaynaklı olmayan kirlilik modeli olan AGNPS, CBS programı olan GRASS (Geographical Resources Analysis Support System) ve Michigan State Üniversitesi tarafından geliştirilen bir hidrolojik modelleme aracı olan GRASS Waterworks kullanılmıştır. AGNPS; sediment, azot ve fosforun havzada miktar, kaynak ve dağılımını belirlemek için, GRASS ve GRASS Waterworks ise AGNPS için sayısal haritalardan toprak, arazi kullanımı, havza sınırları, su kaynakları ve yüksekliğin belirlenmesinde kullanılmıştır. Model çıktıları ise yüzey akış, yüzey ve oyuntu ile kanal erozyonu, sediment verimi ve azot ile fosfor konsantrasyonunun konumsal dağılımı ve miktarlarıdır. AGNPS kullanılarak sediment ve bitki besin maddesi birikiminin en aza indirilmesi için farklı bitki örtüsü ve arazi işleme metotlarında yönetim senaryoları üretilmiştir.

Jeton ve Smith (1993), California ve Nevada'da iki farklı havzada vektör ve raster veri ile havza özelliklerinin konumsal farklılığını tanımlamaya çalışmışlardır. Havza, hidrolojik davranış birimlerine (Hydrologic Response Unit - HRU) ayrılırken alt havza sınırı ile sınırlandırılmamış, sonuç olarak HRU'lar sürekli olmamıştır. Her bir HRU'da PRMS (Precipitation - Runoff Modeling System) uygulanmış, tahmin edilen yüzey akış miktarlarının r^2 değeri 0.86 ve 0.97 olarak bulunmuştur.

Jurgens ve Fander (1993), USLE ile küçük havzalarda toprak erozyonunu belirlemek ve farklı toprak koruma alternatiflerini simüle etmeyi amaçlamışlardır. Sonraki aşamada ise bu test çalışmasına dayanarak tespit edilen uygun tekniklerin toprak erozyonuna uğrayan geniş alanlara tatbik

edilebilir olduğu ve bilgisayar simülasyon sonuçlarına göre etkili toprak erozyon ölçümleri yapılabileceği belirtilmiştir. Çalışmada arazi örtüsü faktörünü (C) belirlemek için arazi kullanım sınıflandırması raster tabanlı olarak yapılmış, diğ er girdi verileri ise sayısal yükseklik modeli ve toprak verilerinden elde edilmiştir. Bu verilerin aktarıldığı CBS ise toprak erozyonunu her piksel için tek tek hesaplamaya olanak vermiştir. Sonuç olarak arazinin toprak erozyon risk haritasına ek olarak, toprak koruma çalışmalarının simülasyonu da gerçekleştirilmiştir.

Kim ve Ventura (1993), büyük ölçekli kentsel noktasal kaynaklı olmayan kirlilik modellemesinde CBS'nin kullanım olanaklarını tesp ite çalışmıştır. CBS, arazi kullanım verilerinin eldesinde kullanılmıştır. 6 ana arazi kullanım sınıfını (yerleşim, ticari, endüstri, açık yüzey, halk-kamu, ulaşım) 22 alt sınıfa ayırmıştır. CBS ile yapılan arazi kullanım sınıflamasında doğruluk % 93-100 arasında değişmiştir. Noktasal kaynaklı olmayan kirliliğ in belirlenmesinde ampirik bir model olan SLAMM (Source Loading and Management Model) kullanılmış, rastgele seç ilen 185 yağış olayında akış gerçek değ erden ortalama 2 mm fark ile tespit edilmiştir.

Klaghofer vd. (1993), grid tabanlı CBS'yi farklı erozyon modelleri ile entegre ederek sediment ve bitki besin maddesi taşınımını tesp ite çalışılmışlardır. EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) ve AGNPS modellerinin IDRISI CBS ile kullanılması toprak, topografya, arazi kullanım ve örtüsü, iklim ve insan tarafından etkilenen bu işlemlerin daha kolay bir şekilde analiz edilebileceğini göstermiştir.

La-Barbera vd. (1993) tarafından yapılan hidrolojik modelleme çalışmasında akarsu ağının belirlenmesi, derecelenmesi ve jeomorfolojik parametrelerin belirlenmesi CBS içinde otomasyon ile yapılmıştır. Yükseklik, toprak, arazi kullanımı ve örtüsü gibi parametrelerde uydu görüntülerinin uzaktan algılama yöntemleriyle ve CBS yardımıyla belirlenmiştir. Ayrıca 1987'den çalışma tarihine kadar ki İtalya Arno havzasında oluşan taşkınların simülasyonları yapılmıştır.

Leipnik vd. (1993), su kaynaklarının planlanması ve yönetiminde kullanılabilecek CBS kaynaklarını; referans kitaplar, kaynak kitaplar, bilimsel dergiler, konferanslar, kullanıcı grupları, ulusal merkezler başlıkları altında toplayıp detaylandırmaya çalışmış, CBS'nin rolüne göre CBS yazılımlarından en uygun olanının hangi kriterlere göre seç ilmesi gerektiğini açıklamıştır.

The Digital Elevation Drainage Network Model (DEDNM) adıyla geliştirilen program, sayısal yükseklik modeli verilerinden havza özelliklerini otomatik olarak belirlemektedir. Program sayısal yükseklik modelinden drenaj ağını, Strahler derecesini, toplam ve alt drenaj alanını, uzunluğunu, eğimini, her kolun memba ve mansap koordinatlarını hidrolojik çalışmalar için çıkarmaktadır. Aynı zamanda her kolun alt havzasını ve kesişme noktalarını belirlemektedir. Program çıktı olarak tabular veri ve CBS için raster harita üretmektedir (Martz ve Garbrecht 1993).

Mitchell vd. (1993), ABD Illinois'deki hafif değişken topografyaya sahip küçük havzalarda (1.6-30.4 ha) sediment dağılımı ve yüzey akışın hesaplanmasında AGNPS'nin doğruluğu değerlendirmişlerdir. GRASS GIS'e; (1) havza sınırı, (2) toprak, (3) yükseklik ve (4) arazi sınırı katmanları girdi olarak girildiğinde AGNPS için gerekli olan 22 parametre elde edilebilmektedir. Dört yıllık çalışmada büyüme mevsimi boyunca iki havzada 15 sediment taşınması olayı gözlenmiş, bunların yarısı AGNPS'nin kalibrasyonu için kullanılmıştır. Geri kalanlarda yüzey akış ve sediment verilerini elde etmek için kullanılmıştır. Sonuçta AGNPS'nin GRASS CBS ile bağlantılı kullanılmasından yüzey akış, yüzey akış oranı ve sediment veriminin simülasyonunda kabul edilebilir değerler verdiği ortaya çıkmıştır.

Muzik ve Chang (1993), CBS'yi taşkın hidrografını ve ölçüm yapılmayan havzalarda sentetik taşkın sıklığı eğrilerinin belirlenmesi için gerekli olan parametrelerin otomatik belirlenmesinde kullanmışlardır. Hidrolojik model SCS Eğri Numarası yöntemini kullanmaktadır. Klasik SCS yöntemi, bölgesel yağış ve yüzey akış verilerinden hesaplanan anahtar parametrelerin olasılık dağılımının hesaplanması için modifiye edilerek kullanılmıştır. 11 000 km² alana sahip Kanada Alberta Foothills'de yapılan çalışmada modelin kullanımı da açıklanmıştır.

Ross ve Tara (1993), su kaynaklarının geliştirilmesi ve tasarımı konusundaki hidrolojik verinin analizinde CBS kullanımının pek çok fayda sağladığını belirtmiş, fosfat kaynaklarının ıslahında kullanılan bir bilgisayar modeli olan FHM'i (FPR Hydrologic Model) tanıtmıştır. Yazar modeli, (1) sayısal veri toplama, (2) CBS işlemleri, (3) model girdi verisi işleme, (4) hidrolojik simülasyon ve (5) çıktı işleme olmak üzere 5 ana bölüme ayırmıştır.

Shih ve Jordan (1993), Landsat TM görüntüsü kullanılarak güneybatı ABD Florida'daki toprak nemi değişimini izlenmişlerdir. TM 6. banttan alınan

termal-infrared (IR) verileri CBS kullanılarak 4 arazi kullanım kategorisine ayrılmıştır (tarımsal/sulanan, kentsel, orman/sulak alanlar ve su bölgeleri). Toprak nem içeriği de (su/oldukça sulu, ıslak, nemli ve kuru) olmak üzere 4 ana bölüme ayrılmış ve bu içeriğe sahip alanlar belirlenmeye çalışılmıştır.

CBS ve su kalitesi modelinin entegrasyonunda hücre boyutunun seçiminin önemini göstermek amacıyla Minnesota'da 282 ha büyüklüğündeki bir havzada çalışma yapılmıştır. Arazi kullanım, toprak ve topografya haritaları farklı hücre boyutlarında (1, 2, 4, 8, 12, 16 ha) modelde çalıştırılmış % 6.2 hata ile 4 ha hücre boyutu en uygun tahminleri vermiştir. Araştırmacılar ayrıca noktasal kaynaklı olmayan kirlilik modellerinin dağılık havza işlemlerini simüle ettiği için heterojen ve kompleks arazi yüzeyini hücre gibi hesaplanabilir parçalara ayırmak gerektiğini belirtmişlerdir (Vieux ve Needham 1993).

CALSITE, CBS yardımıyla erozyonu simüle etmek için geliştirilmiş bir yazılımdır. Girdi haritası oluşturmak ve harita gösterimi için IDRISI CBS programını kullanmaktadır. Yağış, toprak, arazi kullanımı ve eğim haritaları da aynı program yardımıyla sayısallaştırılabilmektedir. CALSITE, Filipinler'deki Magat havzası için geliştirilmiş olup başlıca 4 aşaması vardır. Bunlar; (1) USLE kullanarak kaynak erozyonunun belirlenmesi, (2) dağıtım indeksinin belirlenmesi, (3) dağıtımın kalibrasyonu ve (4) sediment veriminin belirlenmesidir (Bradbury vd. 1994).

Eash (1994) tarafından geliştirilen havza özellikleri sistemi (BCS) drenaj havzasının seçilmiş özelliklerini (drenaj ölçümleri, drenaj ağı, eşyükseklik eğrileri, havza uzunluğu vb.) kullanarak sayısal haritalar ve CBS yardımıyla diğer 24 özelliğini (ortalama havza eğimi, havza röliyesi, ana kanal uzunluğu, toplam akım uzunluğu, ana kanal eğimi vb.) tespit etmektedir. Karşılaştırma sonuçlarına göre BCS, klasik yöntemle yapılan topografik harita ölçümlerinden önemli bir fark vermemiştir. Sadece havza eğiminde gerçek değerden daha düşük sonuç vermiştir.

Jager ve Rickson (1994), Almanya'da USLE ile bölgesel toprak erozyon duyarlılığının incelenmesi için raster tabanlı CBS kullanmışlardır. Hesaplanmış erozyon değerlerine göre 4 farklı duyarlılık sınıfı oluşturulmuştur. İşlenebilir alanların % 3'ü çok fazla, % 63'ü fazla, % 13'ü düşük ve % 21'i çok az erozyon riskine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Lo (1994), Tayvan'daki Shihmen havzasında erozyon, sediment taşınımı, bitki besin maddesi ve akım modellemesi için AGNPS'yi kullanmıştır.

Girdi verisi eldesinde uzaktan algılama ve ArcInfo CBS kullanılmıştır. Modifiye USLE'nin baz alındığı çalışmada simüle değerler (ortalama 2.5 mm/yıl) ile ölçülen değerlerde büyük oranda uygunluk bulunmuştur. Bulunan değerler ABD ortalamasının üstünde olduğu için toprak ve su koruma önlemlerinin alınması tavsiye edilmiştir.

Mellerowicz vd. (1994), Black Brook havzasında veritabanı ve CBS'yi entegre edilerek tarımsal alanlarda erozyon riskinin hesaplamaya çalışmışlardır. Havzanın 2/3'ünde mısırla değişimli patates, bezelye ve yem bitkisi bulunmaktadır. Geriye kalan 1/3 ise ormanlıktır. Yıllık toprak kaybı hesabında USLE'nin kullanılabilmesi için; toprak, yüzey, arazi kullanımı, mülkiyet, sayısal yükseklik modeli ve iklim bilgileri belirlenmiştir. Bu veriler bilgisayar yardımıyla CARIS (Computer Aided Resource Information System) ve CBS ile haritalanmıştır. Bu işlem sonucu veri setleri poligon katmanları şeklinde USLE faktörlerine dönüştürülmüştür. CBS ve veri tabanı kullanılarak elle yapılamayacak bilgi ve veri işlemleri sonucu farklı koruma alternatifleri üretilmiştir. Havza, toprak kayıp toleransına (T) göre sınıflandırılarak erozyonun azaltılması için düşük maliyetli geliştirme-koruma uygulamalarının arazinin % 75'inde, düşük yoğunluklu bitki rotasyonu % 15'inde, teraslamanın ise havzanın % 3'ünde yapılması gerektiğini, buna karşın havzanın % 7'sinde sıra bitkisinin yetiştirilmesinin gerektiği saptanmıştır.

Srinivasan vd. (1994), bir noktasal kaynaklı olmayan kirlilik modeli olan AGNPS'de farklı eğim hesaplama metotlarının girdi olarak kullanılmasının etkilerini araştırmışlardır. Komşuluk, dörtgen, en uygun düzlem ve maksimum eğim metot ve teknikleri yardımıyla hesaplanan eğim değerleri GRASS GIS ve AGNPS de kullanılmıştır. ABD'deki 124 ha alana sahip Waco County havzasında, 4 farklı yöntemden Neighbourhood metoduna göre hesaplanan topografik verilerin gözlenen değerlere en yakın sonucu verdiği saptanmıştır.

Srinivasan ve Engal (1994), ABD'deki Texas Seco Creek havzasında bir noktasal kaynaklı olmayan kirlilik sistemi olan AGNPS ile bir CBS olan GRASS programları kullanılarak tarımsal noktasal kaynaklı olmayan kirlilik konusunda bir konumsal karar destek sistemi oluşturmaya çalışmışlardır. Havzada sediment, yüzey akış ve kimyasal madde artıklarının hareketleri gösterilmeye çalışılarak AGNPS ile girdi ve çıktıların basit istatistiği yapılmıştır.

Tayland'da HEC-1 (Hydrologic Engineering Center) ve ILWIS'i kullanarak hidrolojik model ve CBS'nin entegrasyonu araştırılmıştır. Model için yağış, alt havza alanı, infiltrasyon miktarı ve yüzey akış miktarı gereklidir. ILWIS ile, 2 taşkınla kalibrasyon yapılmış, geçmiş ve gelecek taşkınlar için simülasyon yapılmıştır. Sonuç olarak orman alanının azaldığı simülasyonda yüzey akış miktarı artmış, mimbadaki arazi kullanımının mansapdaki taşkını etkilediği görülmüştür (Suwanwerakamtorn 1994).

TIN ve sayısal yükseklik modeli veri yapısını kullanarak bir akarsu havzasını hidrolojik olarak modellemek için Basın Geomorphik Information Systems (BCBS) kullanılmıştır. BCBS 3 farklı veri seti ((1) tepe veri seti, (2) üçgen ağ set ve (3) kanal ağı ile topografik analiz seti) oluşturan interaktif bir yazılımdır. BCBS, bu veriler yardımıyla havza sınırlarını kendisi çıkartmakta, yükseklik, eğim, bakı, akım yolu uzunluğu ve eşyükseklik eğrilerini sağlamaktadır (Tachikawa vd. 1994).

Tim ve Jolly (1994) çalışmalarında dağınık parametrelili hidroloji-su kalitesi modeli olan AGNPS'yi ArcInfo CBS yazılımı ile entegre etmişlerdir. Sistem Iowa'daki 417 ha'lık havzada sedimentasyon kirliliğini azaltmak için farklı yönetim stratejilerini değerlendirmede kullanılmıştır. Sediment miktarı şeritsel bitki örtüsü ile % 41, eş yükseklik eğrilerine paralel şerit ile % 47 ve her ikisi birden uygulandığında ise % 71 oranında azalmıştır.

Warwick ve Haness (1994), HEC-1 hidrolojik modeli için gerekli olan konumla ilişkili değerlerin (havza alanı, ortalama yüzey akış, eğri numarası gibi) ArcInfo ile elde edilebilirliğini test etmişlerdir. Yağış şiddeti TIN modülü ile tespit edilmiş, iki yöntem arasında eşyağış eğrilerinde en yüksek fark % 0.55, ortalama yağış tahmininde fark ise $\pm\%10$ olmuştur.

Yener (1994) rezervuarlardaki sediment birikimini daha hassas hesaplayacak bir yöntemi araştırmıştır. Türkiye'deki 17 baraja ait verilerin istatistiksel analiz ile rezervuar havzalarının sediment verimlerinin tahmini için bir dizi bağıntı geliştirmiştir. Tahmin ile ölçülen değerler karşılaştırılmış, yüksek korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Sediment verilerinde % 9 farklılık ile Çubuk I ve Seyhan en yakın tahmini, % 214 ile Yalvaç en kötü tahmini vermiştir.

Ayeti (1995) MODALP gibi deterministik yapıya sahip matematiksel bir yağış - akım modelini kullanarak karmaşık hidrolojik ve hidrojeolojik yapıya sahip karstik sistemlerinin modellenmesini amaçlamıştır. Söz konusu model iki ayrı alt sistemden oluşmaktadır. İlki havza drenaj alanını temsil

etmekte ve akım hidrografındaki pik akımların benzeşimini sağlamaktadır. İkincisi ise komşu drenaj alanlardan havzaya olan etkileşimi modellemektir. Modelden elde edilen sonuçlara göre Köprüçay havzası 2000 km²'lik bir dış etki alanına sahiptir. Bu alandan gelen su Beşkonak akımlarını 53 gün içinde etkilemektedir.

Browne (1995), CBS'nin hidrolojideki rolünü açıklamaya çalıştığı derlemesinde CBS'de modelleme, bilgisayar destekli kartoğrafya, uydular yardımıyla uzaktan algılama, veri tabanları, sayısal örtü, yükseklik modelleri, örnekleme, ölçüm, ölçek ve doğrulukları konusunda bilgi vermiştir.

Amerikan doğal kaynakları koruma servisi (Natural Resources Conservation Service - NRCS), tarımsal kaynaklı noktasal kaynaklı olmayan kirliliği belirlemek için hidrolojik birim su kalitesi projesini (Hydrologic Unit Water Quality project - HUWQ) geliştirmiştir. Bu proje havza ölçekli olan AGNPS ve SWRRB modellerinin CBS yazılımı olan GRASS ile entegrasyonunu içermektedir. Modellere gerekli olan verilerin daha kolay girilebilmesi için bir arayüz oluşturulmuş, Sycamore havzasında farklı nitrojen gübrelemesinin sonuçları simüle edilmiştir (Drungil vd. 1995).

Flugel (1995), Almanya'daki Brol nehri havzasında PRMS/MMS modeli kullanılarak düzeltilmiş HRU'nun bölgesel modellemesini yapmıştır. HRU'lar topografya, toprak, jeoloji, yağış ve arazi kullanımı gibi fizyografik havza özellikleri kullanılarak CBS ile belirlenmiştir. Havza bazında 3 farklı bölge belirlenirken toplamda 23 HRU saptanmış ve 20 yıllık günlük meteorolojik verilerle PRMS/MMS modeli ile test edilmiştir. Model günlük havza drenajını oldukça iyi simüle etmiş ve korelasyon katsayısı 0.91 olarak bulunmuştur.

Ala Wai Kanal Havza modeli (ALAWAT) beş farklı kirleticie kadar yüzey akış, havza akımı, sedimet birikimini simüle edebilen bir havza modelidir. Model arazi kullanımı, SCS toprak hidrolojik gurubu, yıllık yağış, alt havza sınırlarını raster ortamda ve günlük toplam yağış ile akım ölçümlerini tabular biçimde model girdisi olarak kullanmaktadır. ALAWAT, 50 alt havzalı bir alanı 10 yıllık periyotta simüle edebilmektedir. Model kullanılarak 4200 ha alana sahip Hawaii'deki Ala Wai havzasında yıllık ortalama taban akım ve kentsel asılı sediment yükü tahmine çalışılmıştır (Freeman ve Fox 1995).

Greene ve Cruise (1995), ABD'deki Louisiana Baton Rouge kentsel havzasının yönetimi için kurulan CBS tabanlı modelleme sistemini tanıtmışlardır. Sistem yardımıyla HRU'lar belirlenmiş, eğri numarası yöntemiyle yüzey akış belirlenmiş ve standart kinematik dalga modeliyle akım yönlenmesi hesaplanmıştır.

Kok vd. (1995), NOAA, Meteosat ve Landsat gibi farklı özellik ve çözünürlükteki uydu görüntülerini kullanılarak arazi sınıflandırma çalışması yapmışlardır. CBS ile ilişkilendirilen CORINE (Coordination of Information on the Environment) veritabanı kullanılarak su erozyonu ve arazi örtüsü değişimi analizi yapılmıştır. Erozyon hesaplamalarında kullanılan USLE'deki C faktörü NOAA verileri yardımıyla belirlenen arazi örtüsünden çıkarılmıştır. Çalışma sonucunda İspanya'daki tarımsal alanların % 40'ından daha fazlasındaki su erozyonunun, 12 t/ha olan izin verilebilir sınırdan daha fazla olduğu görülmüştür. Arazi örtüsü değişiminin Avrupa Birliğinin genel tarım politikasına bağlı olduğu, analizler sonucu ayçiçeği ekimindeki artışın erozyon seviyesinde istenmeyen bir artışa neden olduğu belirtilmiştir.

Köksan (1995) HEC-1 modelini kullanarak Yukarı Göksu nehir havzası parametrelerini belirlemeye çalışmıştır. Araştırmacı, havzanın ortalama yağış miktarını, çıkış noktasındaki yüzey akış miktarını ve konsantrasyon zamanını elde etmiştir.

Lo (1995), Taiwan'daki Bajun ve Tsengwen havzalarında AGNPS ve CBS'yi erozyon problemlerinin çözümü için entegre etmiştir. Yıllık toprak kaybı Bajun havzası için 259 t ve Tsengwen havzası için 903 t olarak hesaplanmıştır.

Batı Arjantin'de hidrolojik döngüde su kullanılabilirliğini kontrol için çeşitli simülasyon modellerini içeren bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program içinde deterministik kar erimesi yüzey akışı modeli (SRM), yağış dağılımının, yüzey akış, yüzey depolaması, toprak depolaması ve derine sızmanın tek boyutlu dinamik simülasyon modeli (SWAMIN), fazla yağışın modellenmesi (SWAMREG), yeraltı akım modeli (FEMSAT) ve açık kanallardaki su akımı ise bir başka model (SIMWAT) konusu olmuştur (Menenti vd. 1995).

Poiani ve Bedford (1995), sulak alanlarda CBS tabanlı noktasal kaynaklı olmayan kirlilik modellemesini değerlendirmiş, sulak alanlarda yapılan çalışmaların akarsu ve göllerde yapılanlardan daha zor olduğunu

belirtmiştir. Ayrıca CBS ve noktasal kaynaklı olmayan kirlilik modelleme çalışmalarını; (1) modelin CBS ile bağlantılı çalışması yani model girdilerinin CBS yardımıyla eldesi veya model çıktıların CBS yardımıyla işlenip değerlendirilmesi ve (2) modellemenin tamamıyla CBS içinde yapılması şeklinde ikiye ayırmıştır. Bu yaklaşım doğrultusunda 1987 - 1994 yılları arasında yapılan bazı noktasal kaynaklı olmayan kirlilik ve CBS çalışmalarını yöntem, kullanılan CBS programı, kirleticisi, amaç ve alana göre sınıflandırmıştır.

Savabi vd. (1995), CBS ile WEPP (Water Erosion Prediction Project) gibi konumsal, fiziksel tabanlı, deterministik hidrolojik modelin entegrasyonunun pek çok avantaj sağladığını belirtmiştir. WEPP'in hidroloji, toprak fiziği, bitki, hidrolik ve zemin mekaniğini dikkate alan bir bilgisayar programı olduğunu belirterek mevcut hidrolojik ve erozyon modellerine göre pek çok üstün özelliği bulunduğunu vurgulamıştır. Örneğin, tarım ve orman işlemlerinin yüzey akış üzerindeki etkisini konumsal ve zamansal değişimi modelleyebilmektedir. GRASS, WEPP için gerekli olan hidrometeoroloji, toprak, topografik ve arazi kullanım verisi gibi pek çok parametrenin elde edilmesinde kullanılmıştır. Indiana'daki bir havza için modelin sonuçları (72.8 mm/gün) ile ölçülen değerler (86.1 mm/gün) karşılaştırılmış ve GRASS-GIS'in WEPP gibi karmaşık hidrolojik modellerin parametrelerin elde edilmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Tim vd. (1995), ABD'nin Iowa eyaletindeki tarım alanlarında bitki örtüsünün sediment verimi üzerindeki etkisini araştırmak için AGNPS modelini ve ArcInfo yazılımını kullanmışlardır. Herhangi bir koruma tedbirinin olmadığı hali hazırdaki durum ile 30 m genişliğinde oldukça yoğun yonca-çim örtüsünün olduğu durumda sediment verimi % 30 azalmıştır. Bu örtü akım yolunun etrafında olduğunda ise daha fazla azalma tespit edilmiştir.

Apaydın vd. (1996) Sakarya ve Kızılırmak havzalarında sulama suyu açısından su kalitesindeki ve sediment miktarındaki değişimin incelenmesinde CBS'den yararlanmışlardır.

Cesur (1996) yağış - yüzey akış ilişkisini, yağış ve havza özelliklerinin bağlı olan 3 aşamalı laboratuvar deneyleriyle incelemiştir. Laboratuvar deneylerinin ilk aşamasında ekipmanın kalibrasyonu yapılmış, ikinci aşamada havza ve yağış özelliklerinin akım hidrografına etkilerini görmek ve hangi parametrenin daha fazla incelenmesi gerektiğini bulmak için belirli çaplarda

taneyle kaplanmış plastik örtülerden oluşan farklı havza modelleri kullanılmıştır. Üçüncü aşamada alçı, keten, yapıştırıcı, kohezyonsuz toprak ve plastik örtülerden yapılan modeller kullanılarak belirli havza ve yağış özelliklerinin değişiminin yüzey akışa etkisi izlenmiştir. 36 farklı işlem sonucu farklı yüzey özelliklerinin farklı yağış, süre ve yoğunlukta oluşan pik akış, pike ulaşma zamanı ve akım süresi tabloalanmıştır.

DesConnets vd. (1996), Nijerya'da bölgesel su bütçesinin modellemesinde CBS yardımıyla konumsal ve zamansal hidrolojik veri (yağış, yüzey akış, zemin suyu), tematik haritalar (topografya, toprak, jeomorfoloji, bitki örtüsü) ve uzaktan algılama verisi (SPOT, hava fotoğrafları) kullanmışlardır. Aynı zamanda bölgesel seviyede yağış yüzey akışı ve hiyetoğrafi oluşturulmaktadır.

Erenbilge (1996) Denizli Çürüksu havzanın hidrolojik yapısını coğrafi bilgi sistemi kullanarak ortaya çıkarmayı ve havza üzerine bir hidrolojik modelin uygulanmasını amaçlandığı çalışmasında bir yağış-akış modeli kullanmıştır. Çürüksu nehrinin 1972 km²'lik drenaj alanında, havzanın hidrolojik yapısının oluşumunu etkileyen parametreler analiz edilmiş, CBS yardımı ile elde edilen bilgiler ve CBS dışı yazılımlar ile birlikte kullanılarak modele uygulanmış, gözlenen ve hesaplanan akımlar arasında % 72'lik korelasyon bulunmuştur. Ayrıca tezde, detaylı hidrolojik çalışmalara CBS yardımı ile geçişin gerçekleştirileceği de ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Kuhnle vd. (1996), Mississippi'deki Goodwin havzasında arazi kullanımı değişiminin sediment taşınımına etkisini araştırmıştır. 1982 yılında havzanın % 26'sı tarım alanı iken 1990 yılında % 12'ye düşmüş, 9 yıllık bu periyotta 0.062 mm'den küçük tanelerin konsantrasyonu % 62, kum (0.062-2 mm boyutunda) konsantrasyonu % 66 ve çakıl (> 2 mm) % 39 azalmıştır. Araştırmacı, tarım arazisinden olan sediment taşınımındaki bu azalmaya neden olarak; (1) taşınabilir sedimentin hemen hemen tamamının taşınması ve (2) havzada işlenen alanların azalması ile kanal akımının azalması sonucu akan suyun erozyon ve aşındırma enerjisinin azalmasını göstermiştir.

Maidment (1996), CBS yardımıyla hidrolojik modellemenin 10 ana aşamada yapılabileceğini belirterek bu aşamaları; (1) Çalışmanın planlanması, (2) örtü analizi, (3) arazi yüzeyi analizi, (4) aküferlerin belirlenmesi, (5) hidrolojik veri toplanması, (6) toprak su dengesinin incelenmesi, (7) su akımının belirlenmesi, (8) taşınım analizi, (9) su etkisinin belirlenmesi, (10) sonuçların sunumu şeklinde sıralamıştır.

Öztürk (1996), Türkiye'deki akarsularındaki asılı sedimentin dağılımını ve denize erişen bölümünü incelediği çalışmada Türkiye için sediment verimini 12 ile 609 t/km/yıl, akarsu, göl, deniz ve rezervuara ulaşan sediment miktarını 175x106 t/yıl olarak belirtmiştir.

Srinivasan vd. (1996), ABD Texas Trinity nehir havzasında SWAT (Soil Water Assessment Tool) modelini kullanarak yüzey akış ve sediment taşınımını belirlemeye çalışmıştır. Model girdileri, hidrolojik - coğrafi veritabanı ve haritalarının raster CBS de işlenmesi ile hesaplanmıştır. Akım ve sediment verileri iki istasyondan elde edilmiş, önce kalibrasyon sonra geçerlilik testleri yapılmıştır. Yüzey akış kalibrasyon ve geçerlilik testlerinde % 84 ve % 65 doğruluğa ulaşılmıştır. Aynı şekilde sediment verileri de % 2 ve % 9 farklılıkla tahmin edilmiştir.

Şahin ve Barış (1996) İspanya'daki Aragon bölgesinde seçilen bir pilot alanda CBS yardımıyla mevcut ve potansiyel erozyon alanlarının saptanmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Alan, nicel (ampirik-parametrik) ve nitel yöntemlerle test edilerek erozyon açısından haritalanmıştır.

Zollweg vd (1996), GRASS GIS ile hücre bazlı yağış - yüzey akış modeli SMORMOD (The Soil Moisture Based Runoff Model) modelinin entegrasyonunu araştırmışlardır. Toprak nem dengesi ve yüzey akış üretim - taşınım alt modellerine sahip olan dağınık model, hesaba katılan 77 yağış olayında 0.91 oranında doğruluk elde etmiştir.

Ascough vd. (1997), su erozyonunu belirlemek için USDA - ARS tarafından geliştirilen WEPP hillslope modelinin yeni versiyonu olan WEPP havza ölçekli modeli tanıtmışlardır. Modelde kullanılan işlem bazlı modüller ve fiziksel ampirik ilişkiler: (1) İklim simülasyonu, (2) kış simülasyonu, (3) yağmurlama, (4) su bütçesi, (5) bitki gelişimi, (6) ayrışma ve taşınım, (7) toprak parametreleri, (8) kanal hidrolojisi, (9) kanal erozyonu ve (10) gelen sedimentin tutulmasıdır.

Bakanoğulları vd. (1997), geniş ve kompleks kırsal havzalarda hidroloji, sediment ve bitki besin maddesi ile tarımsal mücadele ilaçlarının taşınımını tahmin edebilmek için ABD'deki tarım kuruluşları tarafından geliştirilen SWRRBWQ modelinin kullanımını açıklamışlardır.

Eren (1997) Porsuk çayı havzası coğrafi bilgi sistemi ve uzaktan algılama yöntemleri kullanarak homojen alt havzalara ayrılmış ve her bir alt havza

için ayrıntılı su bütçesi hesaplamıştır. Böylece tüm havza için aylık bazda yüzey su değişimleri belirlenmiştir. Buharlaşma Penman yöntemi ile hesaplanmıştır. Akış yükseklikleri, akım verilerinin su toplama alanlarına oranlanması ile elde edilmiştir. Su bütçesi hesaplamalarında sistem yaklaşımı kullanılmıştır. Sistemin girdi (yağış) ile çıktıları (buharlaşma ve yüzey akışı) eşitlenerek aylık su değişimlerinin belirlenmesi için depolamadaki değişimler belirlenmiş, yağış ve buharlaşma haritaları hazırlanmıştır.

Garcia-Ruiz vd. (1997), İspanya'nın Ebro havzasındaki sulanan alanlarda sulama şebekesinden kaynaklanan toprak kaybını araştırmışlardır. Toprak kaybına; sulama sayısı, bitki çeşidi, toprak katman özellikleri ve hidrolik eğimin etki ettiğini ve ortalama olarak 3 ton/ha/yıl toprağın tarım arazilerinden kaybolduğunu öne sürmüşlerdir.

Kosmas vd. (1997) çalışmalarında Kuzey Akdeniz şeridinde sekiz farklı bölgede arazi kullanım ve yağışın, yıllık yüzey akış ve sediment kaybına olan etkisini araştırmışlardır. Portekiz, İspanya, Fransa, İtalya ve Yunanistan'da seçilen bölgeler hububat, asma, zeytin, okaliptüs ve doğal örtü gibi farklı arazi kullanım ve topografya özelliklerine sahiptir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek sediment miktarı tepelik alandaki asmada 142.8 t/km²/yıl olurken, toprak işlemeli kışlık buğdayda 17.6 t/km²/yıl, zeytin yetiştirilen bölgelerde ise 0.8 t/km²/yıl ile oldukça düşük seviyelerde kalmıştır.

Endonezya'da toprak-su koruma çalışmalarına öncelik verilmesi gereken 22 havzadan biri olan West Java havzasında erozyon ve sedimentasyonu belirlemek için bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada kullanılan AGNPS modeli ile USLE yardımıyla tahmin edilen toprak kaybının yarısı kadar (99.03 ton/ha/yıla karşılık 233.9 ton/ha/yıl) tahmin edilmesine rağmen gerçek değerlere daha yakın sonuç vermiştir. Araştırmacılar orman ve tarım alanlarında kaybedilen toprak miktarında p=0.05 derecesinde önemli bir fark olmadığını, bu nedenle ormanla birlikte yapılan tarımın erozyonunu azaltmada en iyi yol olduğunu savunmuşlardır. Aynı zamanda Young (1991)'in belirttiği gibi yağmur damlasının hızının % 95'ini 8 m'lik bir düşüşle kazanması nedeniyle çok yüksek ağaçlardan oluşan ormanlarda yağış enerjisinin yeterince kırılmayacağını hatırlatmıştır (Kusumandari ve Mitchell 1997).

Lenzi ve Luzio (1997), tarafından yağışın konumsal ve zamansal dağılımındaki değişimin AGNPS modelindeki yüzey akış, sediment verimi

ve kirlilik birikiminin 77 km²'lik bir havzada etkisi izlenmiştir. Yağışın zamana göre değişiminin erozyon, sediment verimi ve bitki besin maddesi birikimi üzerindeki etkileri AGNPS ve CBS ile değerlendirilmiştir. Model sonuçları 1992-1993 yılı sonuçları ile karşılaştırılmış, AGNPS'nin yağış bakımından zaman aralıklarının seçimine hassas olduğu ve havza bazındaki gerçek erozyon ve kirlilik miktarının tespitinde yağış verilerinin konumsal değişimin dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Liu vd. (1997), 0.34 ila 5.14 ha alana sahip küçük havzalarda WEPP modelinin farklı iklim, topografya, toprak ve yönetimde uygulanabilirliğini ve tahmin doğruluğunu değerlendirmek için yaptıkları çalışmada kalibrasyon yapılmadan sadece öngörülen model parametreleriyle çalışılmıştır. Altı farklı bölgedeki 15 havzadan elde edilen toplam değerlere göre r² değerleri yüzey akışta 0.86, sediment de ise 0.91 olarak tespit edilmiştir. Havzalar tek tek ele alındığında ise yüzey akışta 0.01-0.85, sedimentte 0.02-0.90 r² değerleri elde edilmiştir.

Meriç (1997) karmaşık karst akifer sistemlerinin heterojen yapısını göz önüne alan, topografya tabanlı üç boyutlu bir yeraltı suyu akım modeli geliştirmiştir. Geliştirilen bu hidrojeolojik model için gerekli olan konumsal ve tanımsal verilerin hazırlanması, alansal dağılımlarının belirlenmesi sırasında coğrafi bilgi sistemi tekniklerinden faydalanılmıştır. Akım öteleme tekniğine dayanan bu hidrojeolojik model, tahmin amaçlı olmaktan çok sistemin işleyişi ve yeraltı suyu dolaşım özelliklerinin tanımlanmasına yöneliktir. Modelin girdisi olan coğrafya tabanlı veriler (topografya, morfoloji, drenaj ağı, eğim, yönelim, yapısal jeoloji elemanlar) ile hidrolojik veriler (yağış, buharlaşma, akım) derlenmiş, hesaplanmış ya da türetilmiştir. Beslenim 6.8×10^{10} m³/yıl, boşalım 5.2×10^{10} m³/yıl, depolamadaki değişim 1.6×10^{10} m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

Öztürk (1997), Sakarya havzasında akarsu ile taşınan asılı sediment miktarının akarsu debisi yardımıyla belirlenebilmesi için 3 farklı matematik-istatistik ilişkiyi test etmiş, akarsu debisi-sediment ilişkileri geliştirmiş ve bazı alt havzalarda bir yılda taşınan toplam asılı sedimentin % 65.4'ünün bir günde taşındığını belirtmiştir.

Reyes ve Cecil (1997) temmuz 1995- eylül 1996 tarihleri arasında Kuzey Carolina'da yüzey akış ve sediment verileri ile GLEAMS, EPIC, RUSLE ve WEPP ile karşılaştırmışlardır. Yüzey akış tahminlerinde GLEAMS ölçülen değer % 22-49'u, EPIC % 48-95'i, WEPP % 48-79'u kadar akış tahmin

etmiştir. Sediment verilerinde ise GLEAMS % 74-172, RUSLE % 268-497, EPIC % 33-70, WEPP % 17-54'ü kadar tahminde bulunmuştur.

Rode ve Frede (1997), AGNPS ile Almanya'da iki tarımsal havzada 33 yıllık su kalitesi ve hidrolojik verilere dayanarak noktasal kaynaklı olmayan kirliliği araştırmışlardır. Yüzey akış tahmininde ortalama % 3.8, pik akımda % 24, sedimentte % 5, fosforda % 6 farklılık görülmüştür. Sonuç olarak AGNPS'nin genelde ölçülen değerlerden yüksek tahminde bulunduğu ancak küçük düzeltmelerle çevresel planlamalarda kullanılabileceği belirtilmiştir.

Rossouw (1997), Güney Afrika'nın Cape Town bölgesinde 1944-1992 yılları arasında sekiz farklı yılda çekilmiş hava fotoğraflarını kullanarak vejetasyon ve erozyon hakkında bilgi edinmeyi amaçlamıştır. Vektör CBS ile konumsal verinin haritasını elde etmiş ve istatistik analizini yapmıştır. Araştırma sonucuna göre 48 yıllık sürede fundalık alan % 36'dan % 73'e çıkmıştır. Buna karşın orman alanı % 13'den % 8'e, diğer bitki örtüsü % 29'dan % 4'e düşmüştür. Erozyon haritalarının zaman serisi olarak gösterimi ise oldukça farklılık göstermiş ancak eğimli alanlarda erozyonun arttığı tespit edilmiştir.

Wu ve Price (1997), 1986'da başlayan ve asıl amacı erozyonu azaltmak olan kaynak koruma projesinin (Conservation Reserve Programme -CRP), CBS ve uzaktan algılama ile entegrasyonunu test etmişlerdir. Arazi kullanım ve bitki örtüsünü belirlemek için mayıs, temmuz, eylül aylarına ait 3 Landsat TM görüntüsü kullanılmış ve Doğal Kaynakları Koruma Servisi (Natural Resources Conservation Service -NRCS) Coğrafi Toprak Gözlem (Soil Survey Geographic -SSURGO) veri tabanından elde edilen veya hesaplanan toprak yüzey yapısı, horizon kalınlığı, toprak grubu ve alt grubu bilgileri ile birleştirilmiştir. Sonuçta, toprak erozyon indeksi bütün alan için ortalama olarak 20 bulunurken, CRP bölgesi için 14, mısır yetiştirilen alanlarda 26, yonca yetiştirilen alanlarda 38 ve çim yetiştirilen alanlarda 32 bulunarak hedef olarak seçilen 8 değerinin çok üstüne çıkmıştır.

Zhu vd. (1997), konumsal toprak özelliklerini CBS yardımıyla belirleyebilmek için geliştirdikleri SOLIM (Soil Land Inference Model) modelini tanıtmışlardır. Model; (1) toprak ve çevresi hakkında ilişkinin belirlendiği bilgi edinme bileşeni, (2) toprak özelliklerini çevre koşullarına şekillendiren CBS teknikleri seti ve (3) elde edilen verilerden toprak konumsal bilgilerini çıkartan fuzzy bileşeni olmak üzere üç temel bileşene sahiptir.

Farklı zaman ve konumsal ölçekte toprak ve iklim özelliklerinin nasıl bir etkileşim içinde olduğunun belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada, fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri (infiltrasyon, yüzey akış ve sediment konsantrasyonu, karbonat içeriği, organik madde içeriği) incelenmiştir. Yıllık ortalama nem miktarı arttıkça, yüzey akış katsayısı ve erozyonun arttığı, agrega oluşumu ve infiltrasyon kapasitesinin kuzeye bakan eğimlerde ve bitki kaplı yüzeylerde; güneye bakan ve çıplak durumdaki bölgelere göre fazla olduğu saptanmıştır (Fayos vd. 1998).

Karabulut (1998) Güvenç gölet havzasında, havza özelliklerinin alansal dağılımının ve havzanın heterojen topografik ve fiziksel yapısının değerlendirilmesinde etkin bir araç olan CBS'nin dağınık parametrelili yağış-akış modellemesi üzerindeki yararlarını incelemiştir. Modelde kullanılan coğrafya tabanlı veriler olan topografya, sayısal yükseklik modeli, eğim, yönelim, drenaj ağı, arazi kullanımı ile hidrolojik veriler olan yağış, buharlaşma ve akım verileri derlenmiş ve haritalar 1/25 000 ölçekte sayısallaştırılmıştır. Daha sonra havzanın fiziksel özelliklerini yansıtacak dağınık parametrelili hidrolojik bir model geliştirilmiştir. CBS katmanları modele entegre edilerek model çalıştırılmıştır. Benzeşim 1992 yılına ait 3 sağınak dönemi için anlık yağış verileri ile yapılmıştır. Model çıktıları Grassland yazılımında değerlendirilmiştir.

Karaş (1998), Kurukavak deresi havzasındaki yüzey akışları SWRRB modeli ile değerlendirmiştir. Araştırmacı tarafından 1995 yılı için 202.37 mm olarak ölçülen yüzey akışa karşın model 229.39 mm, 1996 yılı için 181.08 mm ölçülen değere karşılık 333.29 mm tahmin sonucu vermiştir.

Krenitsky vd. (1998), dört insan yapımı madde (talaş, elyaf, hindistan cevizi ipliği ve hindistan cevizi keçesi) ile iki doğal maddeden (saman ve torf) yapılmış erozyon kontrol yapılarının yağış olaylarında erozyona etkilerini değerlendirmişlerdir. Test alanları 0.76 m^2 büyüklüğünde tınlı kumlu % 8 eğimli ve kumlu killi tınlı % 14-21 eğimli bölgelerdir. Her denemede 96 mm/saat'lik yağış sonrası 5'er dakikada bir yüzey akış ve sediment ölçümü yapılmıştır. Tüm materyallerde ilk 5 dakikada yüzey akış miktarı çıplak duruma göre az olmuş bununla beraber tüm olay göz önüne alındığında sadece saman (% 25), elyaf (% 16) ve torf (% 61) yüzey akış miktarını azalmıştır. Toprak erozyonu ise % 80 ile % 99 arasında azalmıştır.

Lisle vd. (1998), erozyon olayı sırasında basit fakat fiziksel stokastik bir model geliştirmeyi, partikül yerleşimi ile farklılığının nedenini açıklayan

bir ilişki ve son olarak Einstein (1937)'ı temel alan bir stokastik yatak yükü taşıyım modeli geliştirmeyi amaçlamışlar ve eşitlikleri ortaya koymuşlardır.

Ma vd. (1998), GLEAMS, Opus ve PRZM-2 modellerini karşılaştırmak için 1992-93 yıllarında 14.5 x 42.9 m boyutlarında, % 3 eğimli, mısır yetiştirilen tınlı kumlu bir alanı, 25 mm/h şiddetinde 6 saat süreli suni yağışa tabi tutmuşlardır. Yüzey akış, toplayıcı ve savaklarla sürekli izlenmiştir. Önceki nem koşulu ortalama olarak alınmış ve 85 eğri numarasında GLEAMS ve Opus yüzey akışı % 10, PRZM-2 ise % 90 hata ile tahmin etmiştir.

Molnar ve Julien (1998), USLE yardımıyla 30x30 m den 6x6 km'ye kadar değişen hücre büyüklüğündeki CBS uygulamalarında elde edilen sonuçları karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Mississippi'deki iki havzada yapılan karşılaştırmaya göre hücre büyüklüğü arttıkça toprak kaybı tahmini gerçek değerlerin altında kalmaktadır. 100 m x 100 m den sonra hesaplamalara düzeltme faktörünün eklenmesi gerekli olduğu belirtilmiştir.

Nearing (1998), farklı toprak erozyon modellerinin çok düşük miktarda gerçekleşen erozyon miktarlarını nispeten yüksek, çok yüksek miktarda gerçekleşen erozyon miktarlarını nispeten düşük gösterdiğini belirtmektedir. Buna neden olarak deterministik modellerde çevre koşullarının ekstrem değerlere ulaşmasının model içinde yeterince belirtilmemesini göstermiştir.

Vieux vd. (1998), hidrolojik döngünün günlük modellenmesinde pek çok konumsal ve zamansal parametrenin etkili olduğunu belirterek, hidrolojik gözlemlerin genellikle havza veya akarsu üzerindeki akım ölçümleriyle sınırlı olduğunu belirtmiştir. Ölçülen ile tahmin edilen değerler arasındaki farkı en aza indirmek için günlük hidrolojik modellemede kullanılan pek çok parametrenin kalibre edilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Zhang vd. (1998), sıg yüzey akışın parmak arası sediment taşınımının başlıca nedeni olduğunu, yüzey akış, yağış şiddeti ve eğimin de parmak arası erozyonu etkilediğini belirterek, yüzey akış faktörünün parmakarası erozyonda dikkate alınmasının toprak erozivitesine (K) olan bağımlılığı azaltarak model doğruluğunu arttıracığını belirtmiştir. Bu amaçla yüzey akış ve sediment taşınımının ölçüldüğü; iki toprak, dört yağış şiddeti (I), dört eğim (S) ve iki tekrardan oluşan bir faktöriyel deneme yapmışlardır. Sediment taşınımı (D_i), birim debi (q) ile 0.68 oranında ilişki göstermiştir. Denenen modeller arasında en iyi sonucu $D_i = K_i I q^{1/2} S^{2/3}$ eşitliği vermiştir.

Pek çok hidroloji-su kalitesi modelinin girdi olarak kullandığı yağışın, modelde konumsal olarak homojen olduğunu kabul edildiği belirtilmektedir. Chaubey vd. (1999) tarafından AGNPS ve 17 ölçüm istasyonu kullanılarak yağıştaki konumsal farklılığın sonucu araştırılmıştır. 1996 yılındaki beş yağışın incelendiği çalışmada ortalama yağış 19 mm olarak belirlenen bir olayda 17 farklı noktada 0 ile 45 mm arasında yağış saptanmış, bu farklılığın USLE'deki eğri numarası (CN) ve K faktörlerini önemli derecede etkilediği belirtilmiştir.

Chung vd. (1999) çalışmalarında EPIC'i ABD Iowa'da mısır ekili 2 havzada 2 farklı toprak işleme tekniği açısından değerlendirmek istemiştir. Model, 1988-1994 arası yüzey akış eğri numarası ve evaporasyon değerleri ile kalibre edilmiş, 1976-1987 değerleri ile değerlendirilmiş, ortalama, medyan, parametrik ve parametrik olmayan testlere tabi tutulmuştur. 12 yıllık verilere göre ortalama ve medyan değerleri azot taşınımındaki % 44'lük tek bir fark göz ardı edilirse en fazla % 10 farklılık göstermiştir.

Cochrane ve Flanagan (1999), WEPP modelinin küçük havzalarda uygulanabilirliğini değerlendirmek için CBS ve sayısal yükseklik modelinin kullanıldığı 3 farklı yaklaşım kullanmışlardır. İlk yaklaşımda WEPP ile CBS'nin klasik olarak sadece girdi verilerinin üretiminde birlikte kullanılmasıdır. İkinci yaklaşım, eğim ve kanalların sayısal yükseklik modeli yardımıyla otomatik olarak WEPP'e aktarılmasıdır. Üçüncü yaklaşım ise havzadaki mümkün bütün akım yollarının WEPP ile simülasyonudur. Her üç yaklaşımda altı havzaya uygulanmış, sonuçlar yüzey akış ve sediment verimi bakımından ölçülen değerlerle istatistik analize tabi tutulmuştur. İkinci yöntem klasik yaklaşıma yakın sonuç vermiş, Üçüncü yaklaşım gerçeğe daha yakın sonuç vermiştir. Basit havzalar da sayısal yükseklik modeli ve girdi verilerinin doğru olması durumunda ikinci ve üçüncü yaklaşımın uzmanlar tarafından kullanılabilirliğini göstermiştir.

Çakmakçı (1999) Akarçay havzası için; kullanılacak veri tipleri, bunların depolanma ve erişim ortamları, kullanılacak bilgisayar donanım ve yazılımlarını belirleyerek, bir hidrojeolojik CBS pilot uygulaması gerçekleştirmiştir. Bu amaçla geliştirilen veya hazır CBS yazılımları ile uygulama alanında önceden yapılmış çalışmalardan elde edilen harita, rapor ve dökümanlar bütünleştirilerek kolay ve hızlı bir erişim için yerel bir internet sitesi uygulaması geliştirilmiştir.

Eğimin parmak ve parmak arası erozyonu farklı etkilediği, eğim arttıkça parmak erozyonunun, parmak arası erozyondan daha fazla arttığı ve modellerin düşük eğim indisi ve eğim uzunluğunda yüksek tahminde bulunduğu belirtilmektedir. Fox ve Bryan (1999), eğim indisi ile yüzey akış hızının parmak arası erozyona etkisini araştırmışlardır. 100 x 40 x 10 cm boyutlarında kumlu tın materyal, 75 dakikalık yağışa tabi tutulmuş, yağış etkisi gözlenmiş, yüzey akış hızı üç farklı noktada ölçülmüştür. Eğim aşağı alanlarda, yağmur damlası etkisi % 20'yi geçmemiştir. Sabit yüzey akış oranında; yağış, akım erozyonunu eğim indisinin karesi kadar artırmıştır. Çalışma sonunda, toprak kaybı ile yüzey akış oranı arasında korelasyon katsayısı 0.81 olarak bulunmuştur.

Garbrecht vd. (1999), dağınık havza modellemesinde uzunluk, eğim gibi alt havza özelliklerinin belirlenmesi gerektiğini ancak bunun topografya ve diğer nedenlerle direkt ölçümünün zor olduğunu belirterek sayısal yükseklik modelinden bu verilerin hesaplanmasını iki farklı yöntemle yaparak klasik yöntemle karşılaştırmışlardır. Yöntemler arasında % 60'a varan farklılık saptanmış ancak bu farklılık hata olarak değil anlayış ve yorumlama farkı olarak izah edilmiştir.

Grunwald ve Norton (1999), AGNPS modelini sürekli ölçüm yapılmayan havzalarda yüzey akış, sediment ve bitki besin maddesi taşınımını simüle etmek için kullanmışlardır. Araştırma sırasında oluşan 52 yağış-yüzey akış olayının 22 tanesi modelin kalibrasyonu, 30 tanesi ise geçerliliğini saptamak için Almanya Bavaria'da iki küçük havzada (G1 ve G2) kullanılmıştır. Model çıktıları ile ölçülen değerler her yağış-yüzey akış olayında istatistik incelemeye tabi tutulmuştur. Çalışmada; eğri numarası (Q1), kalibre edilmiş eğri numarası (Q2) ve Lutz (Q3) yöntemi olmak üzere üç farklı yüzey akış hesap yöntemi kullanılmıştır. Sediment verim hesaplamasında ise USLE de LS faktörü algoritması değiştirilmiş (S1), LS yerine akım gücü teorisi kullanılmış (S2), yüzey akış hızı ile partikül boyutu teorisi dikkate alınmıştır (S3). G1 havzasında ölçülmüş yüzey akış değerlerin medyanı Q1 için % 55.5 düşük, Q2 için % 36.8 üzerinde ve Q3 için % 13.1 üzerinde bulunmuştur. G2 havzasında yüzey akış değerlerinin medyanı Q1 için % 80 düşük, Q2 de % 45 fazla ve Q3 de % 35 fazla bulunmuştur. G1 havzasında ölçülen sediment verimlerinin medyanı S1 için % 57.2 az, S2 için % 4.2 az, ve S3 için % 4.8 az bulunmuştur. Aynı değerler G2 havzası için sırasıyla % 53.9 az, % 38.5 az ve % 3.3 fazla bulunmuştur. Sonuç olarak AGNPS de yüzey akış hesabı için Lutz ve kalibre edilmiş eğri no, sediment verimi hesabı için S3 yönteminin kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Hatipoğlu (1999) erozyon analizinde kullanılan topografik faktörlerin tespitinin özellikle büyük ve kompleks topografyaya sahip havzalarda zaman alıcı ve pahalı olduğunu, bunun yanında mevcut CBS yazılımlarının topografik faktörlerin hesaplanması ile ilgili çalışmaları desteklemediğini belirterek toprak erozyonunu uzaktan algılama ve CBS teknikleriyle hesaplamak için Topmodel'i önermektedir. Çalışmada topografik faktörlerin hesaplanması için bir AML (Arcinfo Macro Language) programı yazılmıştır. Böylece Topmodel, CBS ile kullanılmak üzere adapte edilmiş ve yağmurdan kaynaklanan akış ve erozyonu modellemek için kullanılmış, toprak kayıp haritaları hazırlanmıştır.

Jetten vd. (1999), dört farklı tarla ölçekli ve altı farklı havza ölçekli toprak erozyon modelini aynı koşullar altında test etmişlerdir. Sonuç olarak tarla ölçekli modeller yıllık bazda yüzey akış ve toprak kaybında sırasıyla aşağıdaki düzeltme katsayılarını vermiştir: GLEAMS 0.74, 0.88, EPIC 0.81, 0.86, LSEP 0.67, 0.95, WEPP -0.28, 0.44. Havza ölçekli modeller ise AGNPS 1, 0.26, EUROSEM 0.95, 0.85, EROSION3D 1, 0.53, KINEROS2 1, 1, LISEM 0.69, 0.6 ve MEDRUSH 0.68, 0.59 katsayılarını vermiştir.

Kramer vd. (1999), ABD'nin Iowa ve Missouri bölgelerinde düşük bitki üretimi nedeniyle infiltrasyon ve yüzey akış arasındaki dengenin değişimini ve erozyon olaylarını incelemişlerdir. 30 yıllık yağış, yüzey akış ve sediment ölçümlerine göre korumalı toprak işleme her bir olaydaki yüzey akış miktarını azaltırken, taban akımı artırmıştır. Benzer şekilde yıllık sediment boşaltımı ve pik taşkın debisi de azalmıştır.

Merzi vd. (1999) Ankara - Mogan havzasının alt havzalarından Başpınar'da sayısal yükseklik modeli ile elde edilen havza sınırı ve akım ağı haritalarını, önceden oluşturulan arazi kullanım ve toprak grubu haritası ile karşılaştırarak SCS yöntemiyle net yağmur hiyetoğrafı ve taşkın hidrografını elde etmişlerdir.

Nagasawa (1999), Tayland Yao nehir havzasında USLE ve GIS yardımıyla erozyon miktarını belirlemeye çalışmıştır. USLE değerlerinin konumsal dağılımına bağlı olarak, nehirin sol tarafında 20.075 ton/yıl, bütün havzada 131.500 ton/yıl sediment taşınımı belirlenmiştir. Yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli ve hava fotoğrafları ile yapılan analizde şerit veya teraslama ile erozyon miktarının yarıdan daha az seviyeye çekilebileceği belirlenmiştir.

Perrone ve Madramootoo (1999), AGNPS'nin ABD'deki Quebec havzasında mevcut hidrolojik koşullarda uygulanabilirliğini ve performansını değerlendirmişlerdir. Sediment veriminin değerlendirildiği 12 yağış-yüzey akış olayında ortalama % 28.8 hata ile gözlenen değerler tahmin edilmiştir. Oldukça kötü tahmin edilen bir olay dikkate alınmazsa ortalama hata % 12.9 olmuştur. Tahmin ile ölçülen değerlerin XY ekseninde işaretlenmesi ile çizilen doğru bire bir ilişkiyi gösterecek şekilde 0.937 eğime sahiptir.

Schulze vd. (1999), Almanya'daki Halblech ve Durrach havzasında erozyonu modellemek ve sediment kaynaklarını belirlemek için CBS'yi kullanan bir çalışma yapmışlardır. Havzaların sediment verimleri sırasıyla 60 000 m³/yıl (2000 t/km²/yıl) ve 22 000 m³/yıl (680 t/km²/yıl) dır. Havza yükseklikleri 900-2100 m, ortalama yağış 1500 mm dir. CBS verisi 25 m X-Y ve 0.5 m Z çözünürlüğündeki sayısal yükseklik modeli, jeolojik harita, arazi kullanma haritası ve yağış verisidir. Eğim, bakı, havza sınırları, akım birikimi ve yönü gibi bilgiler sayısal yükseklik modelinden elde edilmiştir. Topraklar, jeolojik haritadan kaya ve toprak tipine göre erozyon potansiyeline bağlı olarak sınıflandırılmıştır. Arazi kullanma sınıflaması Landsat TM görüntüsünden elde edilmiştir. Yıllık yağışın dağılımı noktasal ölçümlerden hesaplanmıştır. Sediment miktarı; (1) iletim kapasitesini dikkate almadan ve (2) yağış, yüzey akış ve eğimin kullanılarak hesaplanan iletim kapasitesinin dikkate alınması olmak üzere iki farklı yöntemle hesaplanmıştır. Halblech havzası için 1. yöntem ile sediment miktarı 2260 t/km²/yıl ve Durrach için 790 t/km²/yıl olarak bulunmuştur. Halblech havzası için 2. yöntem ile sediment miktarı 1500 t/km²/yıl ve Durrach için 580 t/km²/yıl olarak bulunmuştur.

Şorman (1999), çalışmasında Güvenç havzasında, arazi kullanım durumunu Landsat-5 TM uydu görüntüsü kullanılarak bulmuş ve havza topografyasını 1/25 000 ölçekli sayısal yükseklik modelinden elde etmiştir. Uzaktan algılama ve CBS çalışmalarından derlenen veriler SCS CN metodu kullanılarak TR-55 Tablosal Hidrograf modeline entegre edilmiştir. Daha sonra, alansal ortalama noktasal yağışlar ve L-Moment alansal frekans analiz yağış verileri kullanılarak, 2 ila 100 yıl arasında değişen tekerrür süreleri için taşkın hidrografları hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar, havza çıkış noktasındaki akım istasyonunda gözlenen değerlerden hesaplanan taşkın frekans analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Genel olarak konumsal dağınık erozyon modelleri havza çıkışındaki yüzey akış ve sediment miktarına göre değerlendirildiği, bu durumda erozyon ve

sedimentasyonun havza içindeki durumu ve dağılımının kısmen gözardı edildiği belirtilmektedir. Takken vd. (1999), çalışmada Belçika'daki küçük bir tarımsal havzada parmak ve oyuntu erozyonu ve sediment birikimi ölçerek haritalamış ve LISEM modeli kullanılarak simüle etmiştir. Toplam erozyon miktarı, ölçülen 39.4 ton/ha'a karşılık 39 ton/ha tahmini ile oldukça iyi bulunurken, havza alt alanlara ayrıldığında en fazla % 169 hata ile araştırmacıların görüşlerini doğrulamaktadır.

Valero vd. (1999), İspanya'daki Esera-Isabena havzasındaki Barasona göletinde erozyon olaylarını incelemiştir. Haznedeki sediment birikimi üç durumda ele alınmıştır. Birinci durum olarak ele alınan 1950'den önceki yıllarda ortalama sediment birikimi 1.5 cm/yıl olmuştur. İkinci durumda 1950-1970 arasında yıllık sediment birikimi 24.6 cm değerine kadar yükselmiştir. Bu artışa neden olarak da toprak işleme rejimindeki ve iklimdeki (taşkın sıklığı ve nehirin akımı gibi) değişim gösterilmiştir. Son dönem ise 1972 yılında göletin genişletilmesi ve bakımı ile başlamış, sediment birikimi 3.7 cm/yıl değerine kadar düşmüştür.

ABD'deki erozyona karşı koruma önlemi alınmayan korumasız çiftlik arazilerinde erozyon miktarının oldukça değişken olduğu, kontrol çalışması yapılmazsa küçük kanalların geniş oyuntulara dönüşebileceği belirtilmektedir. 1960'lardan beri USLE'nin parmak ve yüzey erozyonunu belirlemede kullanıldığı, NRCS tarafından oyuntu erozyonu belirlemede kullanılan ECEE (Ephemeral Gully Erosion Estimate) bilgisayar programının ARS tarafından geliştirilerek EGEM (Ephemeral Gully Erosion Model)'in oluşturulduğu belirtilmektedir (Woodward 1999).

Yao ve Zhang (1999) son 10 yıldaki havza rekreasyon çalışmalarında Fenhe göletine gelen su ve sediment miktarını araştırmışlardır. Fiziksel ve yönetimsel önlemlerin uygulanması sonucu yüzey akış miktarında % 10-14, sediment birikiminde % 45-50 azalma olmuştur. Yüzey akış ve sediment miktarının azalmasını toprak ve su kontrol yapılarına bağlanmıştır.

Battany ve Grismer (2000), California'daki Napa County bölgesinde eğim, bitki örtüsü ve yüzey pürüzlülüğünün; yağış, yüzey akış, infiltrasyon ve sediment üzerine etkilerini iki farklı bölgede araştırmışlardır. 3 farklı eğim değeri (% 5, % 10 ve % 15), beş tekerrür de taşınabilir yağış simülatörü kullanılarak test edilmiştir. Araştırma sonucunda eğim, örtü ve yüzeyin fiziksel özellikleri ile toplam infiltrasyon, yüzey akış, sediment miktarı ve konsantrasyonu arasında % 95 güvenilirlik oranında önemli ilişki bulunmuştur. Araştırmacılar toprak kaybına sebep olan ana etmen olarak

toprak örtüsünün genişliği ve durumu olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca eğim % 4 ile % 16 arasında iken istatistik olarak toprak kaybına etki etmekte birlikte önemli bir miktar olmadığı belirleyen araştırmacılar Horton infiltrasyon denkleminin verilere uygun sonuç verdiğini göstermişlerdir.

Chen vd. (2000), tarım faaliyetlerinin yüzey ve yeraltı suyu etkisini araştırmışlardır. ABD Trinity nehir havzasında EPIC (Environmental Policy Integrated Climate) modeli kullanılarak 29 toprak, 9 bitki ve 3 toprak işleme durumu için 12 alt bölgede bitki sistemi simüle edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada toprak, bitki, toprak işleme ve yönetim pratiklerinin su kalitesini etkileyen (1) yüzey akış, (2) toprak erozyonu, (3) yüzey akışla nitrat-nitrojen kaybı, (4) yüzey akışla fosfor kaybı, (5) sediment ile nitrat-nitrojen kaybı, (6) sediment ile fosfor kaybı ve (7) yıkanma ile nitrat-nitrojen kaybı üzerine etkisi araştırılmıştır.

Fitzpatrick ve Knox (2000), ABD'nin Wisconsin North Fish havzasında orman örtüsünün hakim olduğu durum ile ormanın ortadan kaldırılması sonrası durumu karşılaştırmışlardır. Buna göre; orman örtüsünün yaygın olduğu 1890'lı yıllara göre tarım faaliyetlerinin fazlaştığı 1920-30 yıllarda taşınım miktarı üç kat, sediment taşınımı beş kat artmıştır. Orman örtüsü kaldırıldıktan sonra ana akımdaki sediment oranı ise dört ila altı kat artmıştır.

Johnson vd. (2000), CASC2D-SED toprak erozyon modelinin tekil yağış olaylarında yukarı havza erozyonun etki ve sonuçlarını Goodwin Creek, Mississippi (ABD) havzasında yaptıkları bir çalışmada değerlendirmişlerdir. Toprak tipi, toprak tane büyüklüğü, bitki örtüsü durumu ve koruma faktörü gibi havza verileri raster CBS ile elde edilmiş veya depolanmıştır. Yukarı havza sediment taşınımı, tane boyutu (kil, silt ve kum) sediment akışı, asılı sediment miktarı, net erozyon ve depolama için hesaplanmıştır. Pik debi ve pike ulaşma zamanı $\pm$ % 20 ve sediment taşınım oranı -% 50 ila % 200 farklı bulunmuştur.

Kinnell (2000), AGNPS modelinde hücre erozyonunun USLE ile belirlendiğini ancak bu eşitliğin amaca tam olarak uymadığını, yukarı havza yüzey akışının erozyon üzerindeki etkisini de dikkate alan ve USLE'nin yeni bir modifikasyonu olan USLE-M yi kullanmayı önermiş, 2300 ha alana sahip bir alanda 10 yıllık veriyle eşitliğin nasıl kullanılacağına örnek verilmiştir.

Knisel ve Turtola (2000), GLEAMS 2.1. modelini Finlandiya Jokioinen tarım araştırma merkezinde killi topraklar için kalibre etmiş ve geçerliliğini araştırmışlardır. Genişliği 0.46 ha olan alanda farklı yönetim koşullarında yüzey akış, erozyon, drenaj, nitrojen ve fosfor taşınım olayları 7 yıl boyunca incelenmiştir. Model çıktıları genel olarak ölçülen değerlere uygunluk göstermekle beraber, aydan aya farklılık gösterebilmektedir. Drenaj sistemi olan bölgelerde ise su bütçesi hesaplamaları için gözlenmiş değerlere de ihtiyaç duyulmuştur. Yüzey akış ve erozyona uğramış toprak taneleri ile fosfor hareketinin modellenmesi daha karmaşık bir sistem olan azot hareketine göre daha doğru sonuç verdiği belirtilmiştir.

Grid tabanlı erozyon modelleme çalışmalarında havza içindeki konumsal değişimlerin her bir hücrede USLE kullanılarak elimine edilmeye çalışıldığı belirtilmektedir. USLE parametrelerinin her bir hücre için yeniden hesaplanarak 1985 yılındaki bir yağış olayında 24 hücrede en az 0.50 t/ha, en fazla 3.86 t/ha, ortalama 1.31 t/ha erozyon miktarı hesaplanırken, araştırmacılar tarafından önerilen USLE-M yönteminde en az 0.32 t/ha, en fazla 1.53 t/ha, ortalama olarak da 0.74 t/ha değeri elde edilmiştir (Kinnell 2001).

Dağıtılmış parametrelili su kalitesi ve noktasal kaynaklı olmayan kirlilik modeli olan WATFLOOD'un değerlendirildiği çalışmada HRU yerine GRU (Group Response Unit) yaklaşımı kullanılmıştır. Kanada'daki 293 m² büyüklüğündeki bir havzada ölçülen 205.74 m³/s değerine karşılık, 2x2 ve 4x4 m² büyüklüğündeki hücrelerde model uygulanmış ve toplam yüzey akış miktarı sırasıyla 234.09 ve 192.35 m³/s bulunmuştur (Leon vd. 2001).

Öztürk vd. (2001a) çalışmalarında yüzey akış miktarının hesaplanmasında, uluslararası düzeyde kabul görmüş yöntemlerden Mc Math, Rasyonel ve SCS yöntemlerinin bilgisayar ve web ortamında çözümünü gerçekleştirmişlerdir. Böylece, hesaplamada kolaylık sağlanmış olup; aritmetik hata yapma ihtimali ortadan kaldırılmıştır.

Öztürk vd. (2001b) tarafından yıllık asılı sediment miktarının tahmin edilmesinde kullanılabilecek toplam 45 adet regresyon eşitliği, Sakarya havzasındaki alt havzalar için yıllık en büyük taşkın, yıllık en büyük iki taşkın ve yıllık en büyük 10 taşkına kadar kullanılarak elde edilmiştir. Bu eşitlikler arasından en büyük r²'ye sahip yedi eşitlik, Sakarya havzasından taşınan yıllık asılı sediment miktarının tahmin edilmesinde kullanılmak üzere önerilmiştir.

Meksika'daki Michoacan bölgesinde mısır tarımı yapılan arazilerde yüzey akış ve toprak erozyonun önemli bir problem olduğu belirtilerek 25x4 m boyutlarında % 9 eğimli 4 farklı toprak işleme yöntemine sahip bir alanda yapılan gözlemlerde yüzey akış ve sediment miktarı GLEAMS modeli ile değerlendirilmiştir. Yıllık toplam yüzey akışta % 89 -% 99, sedimentte % 95- % 98 belirtme katsayısı elde edilmiştir (Vargas vd. 2001).

Yalçın vd. (2001) EİE tarafından işletilmekte olan 105 istasyondan elde edilen verileri özetlendiği çalışmasında Türkiye'deki ortalama süspanse sediment verimini 2.18 t/ha/yıl, taşınan toplam sediment miktarının 209 566 125 ton/yıl olduğunu bildirmiştir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde tezde kullanılan materyal ve yöntemler açıklanmıştır.

3.1. Materyal

Çalışmada, Ankara-Yenimahalle-Güvenç gölet havzasından elde edilen veriler kullanılmıştır. Gölet, Ankara - İstanbul karayolunun 35. kilometresinde doğuya doğru 6.5 km içeride Sakarya Nehri havzasında yer alan Kayaönü Deresi üzerinde bulunmaktadır (şekil 3.1.). Havza çıkış noktasının yüksekliği 1 053 m, koordinatları 42° 08' 00" kuzey enlemi, 32° 45' 15" doğu boylamıdır. Havzanın fiziksel özellikleri çizelge 3.1.'de verilmiştir (Denli 1997a).



Şekil 3.1. Ankara - Yenimahalle - Güvenç gölet havzasının konumu

Güvenç havzası, kuzeyde Sarıkaya tepesi, kuzeybatıda Dede Çamı tepesi, doğuda Çayırın Kafa tepesi, Kara tepe, güney de Tabya Bayır ve Akpınar tepeleri, güneybatıda Karyağdı tepesi, batıda Dikbayır sırtları ve Kartalkaya tepesiyle çevrilmiş olup havza içerisinde Sarıbeyler (Lezgi) köyü yer almaktadır. Araştırma havzasındaki su kaynakları Kayaönü deresinde toplanarak Ova çayına dökülür. Ova Çayı da Sakarya Nehrinin bir kolu olan Ankara Çayı'na kavuşmaktadır (Denli 1993).

Çizelge 3.1. Güvenç havzasının fiziksel özellikleri (Denli 1997a)

Havza alanı	16.13 km ²
Havza çevre uzunluğu	19 km
Havza genişliği	3.32 km
Havza maksimum yüksekliği	1 459 m
Havza minimum yüksekliği	1 053 m
Havza kot farkı	406 m
Havza nispi kot farkı	% 2.14
Havza yöneyi	Güneydoğu - kuzeybatı
Havza medyan yüksekliği	1 235 m
Havza ortalama yüksekliği	1 236 m
Havza ortalama eğimi	% 21
Ana su yolu uzunluğu	5.4 km
Toplam su yolları uzunluğu	35.5 km
Ana su yolu profil eğimi	% 4.57
Su yolları yoğunluğu	2 201.55 m/km ²

3.1.1. Havzanın iklim özellikleri

Yörede İç Anadolu iklim özelliği görülmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Yıllık ortalama yağış 451.5 mm, sıcaklık 11.7 °C ve nispi nem % 62'dir. Havzanın 1989-1997 yılları arası ortalama iklim değerleri çizelge 3.2.'de verilmiştir.

3.1.2. Havzanın toprak, jeoloji ve arazi kullanma özellikleri

Havzada iki büyük toprak grubu vardır. Kahverengi topraklar havzanın % 95.8'ini (15.45 km²), kalkersiz kahverengi topraklar ise % 4.2'sini (0.68 km²) kapsar (Denli 1997a).

Çizelge 3.2. Bölgenin 1989-1997 yılları arası ortalama iklim değerleri

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ort.
Ortalama sıcaklık (°C)	-0.35	1.25	5.96	11.12	16.16	20.05	23.10	23.06	18.29	13.27	6.32	2.31	11.71
En yüksek sıcaklık (°C)	3.70	5.81	11.48	16.73	22.07	26.31	29.41	29.68	25.39	19.94	11.67	5.69	29.68
En düşük sıcaklık (°C)	-3.83	-2.91	1.00	5.57	9.86	13.05	15.93	16.18	11.56	7.89	2.10	-0.51	-3.83
Nispi nem (%)	75.92	70.83	63.78	61.22	58.19	53.93	49.49	48.33	51.70	62.48	71.71	78.35	62.16
Rüzgar hızı (m/s)	1.65	1.89	2.06	1.90	2.00	1.91	2.38	2.22	1.72	1.56	1.55	1.67	1.88
Güneşlenme sür. (saat)	2.95	4.29	5.63	6.34	8.58	10.34	11.09	10.70	9.30	6.47	4.09	2.00	6.81
Güneşlen. şid. (cal/cm ²)	150.6	219.6	309.6	379.4	475.7	536.0	548.5	496.2	410.7	273.6	166.7	110.6	339.8

Havzanın % 12.6'sı (2.03 km²) orta eğime sahip, orta erozyona; % 36.2'si (5.84 km²) dik eğimde, şiddetli erozyona; % 4.5'i (0.73 km²) çok dik eğimde, şiddetli erozyona; % 46.7'si de (7.53 km²) sarp eğimde, çok şiddetli erozyona sahiptir. Havza topraklarının % 8.9'u orta derin, % 44.4'ü sığ ve % 46.7'si de çok sığdır (çizelge 3.3.) (Denli 1997a).

Havza topraklarının büyük bir bölümü Pliosen devrinde oluşan kumtaşı, konglomera, marn ve kalkerden meydana gelmiştir. Havzanın güney batısında dar bir sahada yeraltı suyu verimlilik derecesi zayıf olan Orta Eosen devrine ait kalkerler vardır. Memba kısmında ise kalkerlere bitişik Alt Eosen - Paleosen devirlerinde oluşan yeraltı suyu ihtiva etmeyen marn tabakaları bulunur (Denli 1997b).

Havzanın % 32.9'u nadaslı kuru tarım arazisi, % 51.2'si zayıf bitki örtülü mera, % 15.9'u bağ-bahçedir (Denli 1997a).

3.1.3. Yağış ve yüzey akış ölçümleri

Havzada beş adet ağırlıklı tip plüviyograf ve yanlarında plüviyometre bulunmaktadır. Akımı ölçebilmek için havza çıkış noktasına bir savak inşaa edilmiştir. Akımı sürekli ölçmek amacıyla dere yatağı banketi üzerine 24 saat süreli limnigraf kurulmuştur (Denli 1997a, Denli 1997b). Havzanın aylık ortalama yağış ve akım miktarları çizelge 3.4.'de, yıllık yağış ve akım değerleri çizelge 3.5.'de verilmiştir.

3.1.4. Haznede biriken sediment miktarı

Demirkıran (1997) tarafından belirtildiği üzere Güvenç rezervuar alanında 1989 yılında yapılan batimetrik çalışma sonucu bulunan 1487 adet koordinat ve derinlik değerleri bilgisayar ortamına girilerek rezervuarın eş derinlik ve üç boyutlu taban haritası çıkarılmıştır. Rezervuarın en yüksek su kotu, dolu savak seviyesi kabul edilerek 100.00 m alınmış, buna bağlı olarak en düşük kotu ise 81.00 m olarak bulunmuştur. Bilgisayar yardımıyla gövdenin en yüksek su seviyesine göre rezervuarın hacmi Trapez, Simpson ve Simpson 3/8 metotları kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmış, ortalama hacim 1 494 400 m³ olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.3. Havza topraklarının genel özellikleri (Denli 1997a)

Toprak grubu sembolü	Alan (km ²)	Toprak özellikleri
Kahverengi topraklar		
B	10.2	Orta eğimli, orta derin, orta erozyonlu topraklar
B	11.2	Orta eğimli, sıg, orta erozyonlu topraklar
B	15.2	Dik eğimli, sıg, orta erozyonlu topraklar
B	15 t.2	Dik eğimli, sıg, orta erozyonlu topraklar
B	15.3	Dik eğimli, sıg, şiddetli erozyonlu topraklar
B	19.3	Çok dik eğimli, sıg, şiddetli erozyonlu topraklar
B	24.4	Sarp eğimli, çok sıg, çok şiddetli erozyonlu topraklar
Kireçsiz kahverengi topraklar		
U	10.2	Orta eğimli, orta derin, orta erozyonlu topraklar

Çizelge 3.4. Güvenç havzası aylık ortalama yağış ve akım miktarları (1989-1997)

	Aylar												Yıllık Toplam
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Yağış (mm)	44.3	62.7	53.3	28.8	24.8	42.5	57.2	51.4	32.5	21.0	18.7	14.3	451.5
Akım (mm)	0.69	4.43	6.47	8.57	8.19	17.55	22.96	13.98	5.93	3.25	0.46	0.27	92.75

Haznenin 1997 tarihli eşderinlik ve üç boyutlu taban haritaları, bilgisayar destekli echo-sounder ve laser yardımıyla 40 998 adet koordinat ve derinlik değeri okunarak bu verilerin aynı şekilde değerlendirilmesi sonucu çıkarılmıştır. Rezervuarın en derin noktasının kotu 86.24 m olarak bulunmuş, haznedeki en yüksek su seviyesine bağlı olarak her bir metrede hesaplanan hacim-derinlik değerleri çizelge 3.6.'da gösterilmiştir (Demirkıran 1997).

Çizelge 3.5. Güvenç havzası yağış ve akım değerleri (1989-1997)

Su yılı	Yağış (mm)	Akım (mm)
1989	312.6	34.87
1990	451.9	133.10
1991	379.9	33.35
1992	437.9	115.90
1993	386.0	95.90
1994	332.8	51.43
1995	577.7	58.74
1996	614.8	170.10
1997	570.2	141.00
1989-1997 toplam	4 063.8	834.39
1989-1997 ortalama	451.5	92.71

Çizelge 3.6. Güvenç haznesi derinlik-hacim değerleri (Demirkıran 1997)

Derinlik (m)	Hacim (m ³)
100	1 158 930
99	969 649
98	802 296
97	655 057
96	528 394
95	419 975
94	325 539
93	243 363
92	173 389
91	115 836
90	68 900
89	34 891
88	12 565
87	614
86.24	0

Hazneye gelen sedimenti tutmak için akarsu üzerine inşaa edilen 5 adet büyük sediment tutma yapısında 8 yıl boyunca 938 m³, 20 küçük sediment tutma yapısında yaklaşık 1 000 m³ sediment birikmiştir (Demirkıran 1997).

1989 yılındaki ortalama hacim değerinden 1997 yılındaki ortalama hacim değerinin çıkarılmasıyla 8 yılda biriken sediment hacmi 335 474 m³ olarak bulunmuştur. Sediment tutma yapılarının arkasında biriken sediment miktarının eklenmesiyle Güvenç havzası sediment verimi 42 176 m³/yıl olarak bulunur. Haznede biriken sedimentin hacim ağırlığı 1.50 t/m³ alındığında, havzadan gelen sediment miktarı 63 264 ton/yıl ve 3 583.3 ton/yıl/km² olarak elde edilir (Demirkıran 1997).

3.1.5. Havzadaki toprak ve su koruma önlemleri

Güvenç rezervuar havzasında 1984 yılında toprak koruma önlemleri alınmaya başlanmış ve bu yılda havzaya 2 200 adet fidan dikilmiş, 59 adet taş ve kargir eşik, 44 adet kuru eşik ve 5 240 m³ tarla sekisi yapılmıştır. 1985 ve 1986 yıllarında ise 4 050 m tel çit çekilmiş, 35 000 m³ tarla sekisi (seddeli seki), 3 250 m³ hendek teras yapılmıştır (Denli 1997a).

3.2. Yöntem

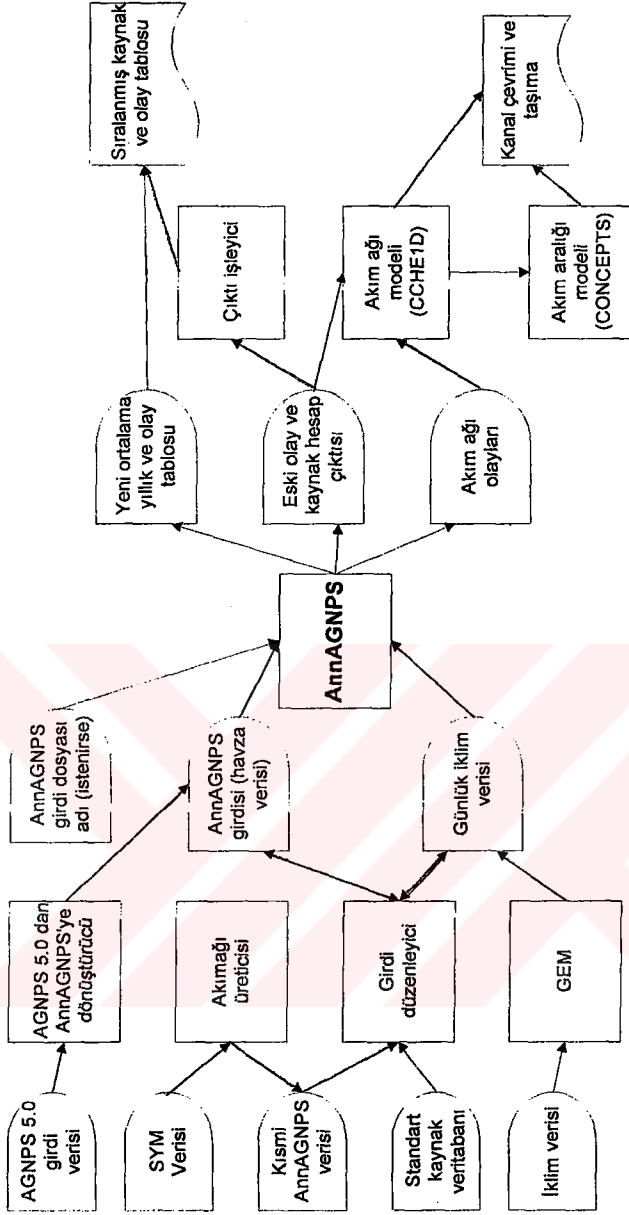
Bu bölümde tezde kullanılan modellerin teorik ve pratik esasları açıklanmıştır.

3.2.1. AGNPS modeli

AGNPS (Agricultural Non-point Source Pollution Model - Noktasal Kaynaklı Olmayan Tarımsal Kirlilik Modeli) modeli ilk olarak ABD Tarım Bakanlığı - Tarımsal Araştırma Merkezi (USDA-ARS) tarafından 1989 yılında R. A. Young, C. A. Onstad, D. D. Bosch ve W. P. Anderson'un çalışmaları ile geliştirilen, tek bir olaydaki yüzey akış, sediment ve kimyasal madde taşımını simüle ederek tahmine çalışan bir bilgisayar programıdır. Büyüklüğü 0.4-16 ha arasında değişen hücrelerde, en fazla 20 000 hektar alana sahip havzalarda simülasyon yapabilen model zamanla geliştirilerek, 1995 yılında 5.0 versiyonuna ulaşmıştır. Geliştiricileri tarafından 20 farklı havzada test edilmiş, tahmin edilen değerler ölçülen değerlerin 0.984 katı olmuş, bu testlerde r^2 değeri ise 0.81 olarak tespit edilmiştir. Model (1) hidroloji, (2) erozyon ve sediment taşınımı, (3) kimyasal (ilaç-gübre) taşınımı ve (4) noktasal kaynaklı girdi alt modellerinden oluşmaktadır. AGNPS modeli, havzalardaki kirliliğin dağılımını, su kalitesi sorunlarının şiddeti ve alternatif işletme uygulamaları açısından havzalara verilecek önceliği belirlemede kullanılır (Young vd. 1989).

ABD Tarım Bakanlığı Doğal Kaynakları Koruma Servisi (USDA-NRCS)'nin katkılarıyla 1998 yılında AnnAGNPS (Annualized Agricultural Non-point Source Pollution Model) versiyonu ile tek bir olayın simülasyonundan yıllık-sezonluk simülasyona geçilmiştir. Sonraki zamanlarda AGNPS 2001 adıyla komple bir sisteme dönüşmüştür. Sistem, (1) girdi bilgisinin üretimi ve düzeltilmesi, (2) tarımsal havza kirleticileri modeli (AnnAGNPS), (3) çıktı analizi, (4) akım ağı olaylarının belirlenmesi (CCHE1D), (5) akım koridor modeli (CONCEPTS) ve (6) giren su sıcaklık modeli (SNTMP)'nden oluşmaktadır (şekil 3.2.) (Binger vd. 2001). Çalışmada söz konusu sistemin yüzey akış ve sediment bölümleri kullanılmıştır.

AnnAGNPS'nin kullanılabilmesi için havzanın; toprak tipi, arazi kullanımı ve arazi yönetimi bakımından homojen alanlara ayrılması gereklidir. Model, hücreden ayrılan yüzey suyunun miktarı, taşıdığı sediment, bitki besin maddesi ve pestisit miktarını ve havza içindeki yolunu simüle etmektedir. Hesaplamalar günlük zaman adımlarında yapılmaktadır. Yüzey akış miktarı



Şekil 3.2. AGNPS modeli bileşenleri (Binger vd. 2001)

SCS Eğri Numarası yöntemiyle hesaplanırken pik debi TR-55, sediment miktarı RUSLE'yle hesaplanmaktadır (Binger vd. 2001).

Model yardımıyla noktasal kaynaklı olmayan kirlilik belirlemesinin yanında farklı bitki deseni, toprak işleme, gübreleme, tarımsal ilaç kullanımı ve sulama senaryolarında sonuçlar görülebilmektedir. Hücre sayısı ve simülasyon süresi için belirli bir kısıt bulunmamaktadır. Havza ve iklim girdi veri dosyası farklı olduğundan veri değişikliği kolaydır (Binger vd. 2001).

Modelin iki önemli kısıtı bulunmaktadır. Bunlar; (1) bir gün içindeki yüzey akış, sediment, bitki besin maddesi hesapları çıkış ağzına kadar hesaplandıktan sonra ertesi günün hesaplamalarına geçilmesi ve (2) noktasal kirletici olduğu bilinen kaynaklardaki kirlilik miktarının modele sabit bir değer olarak girilmesi gerekliliğidir (Binger vd. 2001).

3.2.1.1. Yüzey akışın hesaplanması

Modelde yüzey akış miktarı aşağıda eşitliği verilen SCS Eğri Numarası yöntemine (Okman 1994) göre hesaplanmaktadır (Binger vd. 2001).

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (3.1)$$

$$S = \frac{25400}{N} - 254 \quad (3.2)$$

Eşitliklerde;

Q : Yüzey akış miktarı, mm
P : Yağış miktarı, mm
S : Su tutma potansiyeli, mm
N : Yüzey akış eğri numarası

Pik taşkın debisi ise USDA-TR-55 (Technical Release-55) modeli baz alınarak hesaplanmaktadır (Anonim 1986).

$$q_p = q_u A_m QF_p \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

q_p : Pik debi, m³/s
 q_u : Birim pik debi, km²/cm

A_m : Drenaj alanı, km^2
 Q : Yüzey akış, cm
 F_p : Su içeriği düzeltme katsayısı

Bu eşitliğin kullanılabilmesi için arazi kullanımı, toprak ve arazi örtüsü dolayısıyla eğri numarası açısından homojen alanların belirlenmesi, havzanın tek ana akıma sahip olması, eğri numarasının 40'dan büyük ve konsantrasyon zamanının 0.1-10 saat arasında olması gereklidir (Anonim 1986).

3.2.1.2. Toprak kaybının hesaplanması

Modelde, kaybedilen toprak miktarının saptanmasında USLE'nin modifiye edilmiş bir şekli olan RUSLE kullanılmakta ve toprak kaybı her hücre için tek tek hesaplanmaktadır (Binger vd. 2001).

$$SL = (EI) K L S C P (SSF) \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

SL : Toprak kaybı, $m^3/yıl$
 EI : Yağışın toplam kinetik enerjisi ve 30 dakikalık maksimum şiddeti
 K : Toprağın erozyona duyarlılık (erodobilite) katsayısı
 LS : Topografik katsayı
 C : Bitki örtüsü ve yönetim katsayısı
 P : Toprak koruma katsayısı
 SSF : Hücre içi eğim katsayısı

Yağışın erozyona etkisi

Yağışların yıllık potansiyeli, erozyon miktarına önemli derecede etki eder. Söz konusu potansiyel, yağışların toplam kinetik enerjisi ile 30 dakikalık en yüksek şiddeti yıllık ortalama erozyon indeksi olarak belirtilir (Öztürk 1985). Yağışların yıllık ortalama erozyon indeksleri Güçer (1972) tarafından, Ankara ili için 39.17 olarak verilmiştir.

Toprağın erozyona duyarlılık katsayısı

Topraklar, silt, çok ince ve orta boyutlu kum, kil, organik madde miktarı ile yapı ve geçirgenliğine bağlı olarak değişik derecelerde erozyona uğrar (Wischmeier ve Smith 1978, Simons ve Şenturk 1992).

Her bir toprak grubu için erozyon duyarlılık katsayısı aşağıdaki eşitlik yardımıyla elde edilebilir. Alt havzalarda elde edilen erozyon duyarlılık katsayısının alana göre ağırlıklı ortalaması alınarak havzanın ortalama erozyon duyarlılık katsayısı hesaplanabilir (Öztürk 1985).

$$100 K = 2.1 (M)^{1.14} (10)^{-4} (12-a) + 3.25 (b-2) + 2.5 (c-3) \quad (3.5)$$

Eşitliklerde;

- K : Toprağın erozyon duyarlılık katsayısı
M : Tane büyüklük değişkeni
a : Organik madde miktarı, %
b : Toprak yapısının sınıflama kodu
c : Toprağın geçirgenlik yönünden sınıfı

Topografik katsayı

Yüzey ve parmak erozyonun USLE'ye göre saptanmasında kullanılan, eğim derecesi ile eğim uzunluğu belirten katsayılara birlikte topografik katsayı denir. Herhangi bir eğim ve uzunluktaki araziden olan toprak kaybının, diğer şartlar aynı olmak üzere 22.13 m uzunluğunda % 9 eğime sahip araziden olan toprak kaybına oranı olarak ifade edilir (Wischmeier ve Smith 1978, Simons ve Şentürk 1992). Topografik katsayı, Brooks vd. (1975) tarafından önerilen ve aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla saptanabilir.

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^{0.3} \left(\frac{S}{9} \right)^{1.3} \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

- LS : Topografik katsayı,
 λ : Eğim uzunluğu, m
S : Eğim derecesi, %

Eğim uzunluğu, yüzey akışın başladığı noktadan eğimin yeteri kadar azalıp birikmenin başladığı yere veya yüzey akışın doğal akarsu kanalına veya inşa edilmiş bir kanala karıştığı kesime kadar olan uzaklık olarak tanımlanmaktadır (Wischmeier ve Smith 1978, Öztürk 1985, Simons ve Şentürk 1992). Eğimin % 10'u aştığı tarım arazilerinde erozyon açısından en önemli faktörün eğim olduğu belirtilmektedir (Anonim 1978).

Havzanın ortalama eğim derecesi, Williams ve Berndt (1972) tarafından önerilen yöntem uygulanarak elde edilebilir. Bu yöntemle göre her bir alt havzadaki eş yükseklik eğrileri arasında kalan alanın eğimi, aşağıda verilen eşitlik ile bulur (Williams ve Berndt 1972, Dizdar 1981, Öztürk 1985).

$$S_i = \left[H(LC_j + LC_{j+1}) / 2 DA_i \right] \times 100 \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

- S_i : İki eş yükseklik eğrisi arasındaki alanın eğimi,
 H : Ardışık eş yükseklik eğrileri arasındaki yükseklik farkı, km
 LC_j : J eş yükseklik eğrisinin uzunluğu, km
 LC_{j+1} : J+1 eş yükseklik eğrisinin uzunluğu, km
 DA_i : Ardışık eş yükseklik eğrileri arasında kalan alan, km²

Bitki yetiştirme ve yönetim katsayısı

Bitki yetiştirme ve yönetim katsayısı, bitki bulunan alandan olan toprak kaybının işlenmiş çıplak arazideki kayba oranı olarak tanımlanır. Söz konusu katsayı bitki örtüsü, arazi kullanma durumu, toprak işleme yöntemine ve zamana bağlı olarak değişir (Wischmeier ve Smith 1978, Simons ve Şentürk 1992).

Bitki yetiştirme ve yönetim katsayısı, Doğan ve Küçükçakar (1996) tarafından Ankara yöresinde buğday tarımı yapılan araziler için 0.24; mera, bağ-bahçe ve örtüsüz alanlar için Wischmeier ve Smith (1978) tarafından sırası ile 0.45, 0.39 ve 1.0 olarak önerilmektedir (Anonim 1977, Wischmeier ve Smith 1978).

Toprak koruma katsayısı

Koruma önlemi alınmayan alanlarda toprak koruma katsayısı 1.0 (Wischmeier ve Smith 1978), Ankara koşullarında eşyükseklik eğrilerine paralel ekim için 0.49 olarak önerilmiştir (Doğan ve Küçükçakar 1996).

Hücreden akıma iletilen sediment miktarını ifade eden sediment iletim oranı ise modelde HUSLE eşitliği ile elde edilmektedir (Binger vd. 2001).

$$D_r = \left(\frac{q_p, T_c > 0}{q_p, T_c = 0} \right)^{0.95} \quad (3.8)$$

Eşitlikde;

Dr : Toplam iletim oranı,

$q_p, T_c > 0$: İstenilen noktadaki pik debi, (mm/h)

$q_p, T_c = 0$: Konsantrasyon zamanının sıfıra eşit olduğu zamandaki pik debi, (mm/h)

3.2.1.3. AGNPS 2001 veri hazırlama birimi

Bu program kullanıcının AnnAGNPS veri seti oluşturmaya yardımcı olmaktadır ve aşağıdaki modüllerden oluşmaktadır (Binger vd. 2001).

AGNPS'dan AnnAGNPS'ye çevirici

AGNPS 4.03b ve 5.0 versiyonuna göre hazırlanmış verinin AnnAGNPS'ye uygun duruma getirilerek tek olay bazında veya düzenlemelerle dönemsel olarak kullanılmasını sağlar.

Akım ağı üreticisi

Kullanıcıya AnnAGNPS'nin geometrik şekilli olmayan hücre ve alanlarda akım (akım ağı, uzunluk, yükseklik ve eğim) ve hücreye ait (drenaj alanı, yükseklik, baki, alan eğimi vb.) verinin eldesinde CBS tabanlı TOPAZ adlı programıyla yardımcı olur. Topaz programı yardımıyla alt havzaların sınırları, Strahler akarsu derecesi, akım koordinatları, akımın başladığı noktanın denizden yüksekliği, her bir alt havzasındaki kanal uzunluğu, kanal eğimi, kanalın menbasındaki drenaj ağı, alt havzalarının alanı ve eğimi, USLE LS değeri, kanala olan akım uzunluğu ve yönü bilgileri elde edilebilmektedir.

AnnAGNPS girdi düzenleyici

Kullanıcının yeni bir girdi seti oluşturmaya veya varolan seti düzeltmesine yardımcı olur. AnnAGNPS'de 34 farklı kategoride girdi verisi kullanılabilir, ancak istenilen çıktı bilgisine bağlı olarak 34 kategoriden sadece gerekli olanlar kullanılabilir.

AnnAGNPS kaynak veri tabanı

Verilerin belirlenmesi ve bulunmasında kaynak olarak kullanılır ve kullanıcıya çizelge 3.7.'deki referans veri tabanını sunar.

Çizelge 3.7. AnnAGNPS kaynak veri tabanı (Binger vd. 2001)

Veri tabanı	Açıklaması
Hayvan atıkları özellikleri	Hayvansal atık üretimine ait katsayıları kapsar
Bitki özellikleri	Bitki tipine göre USLE C katsayısı, yaprak alan indeks değerleri, verim, büyüme gibi verileri kapsar
Ekipman/ işletim	Toprak işleme yöntemine ait katsayılar bulunur
Tarım dışı alan kullanımı özellikleri	Arazi kullanımına ait özellikleri kapsar
Bitki besin maddesi kaynak özellikleri	Fosfor, nitrat, amonyum gibi maddelerin yüzdeleri bulunur
Pestisit özellikleri	Ticari ve bilinen adlarıyla pestisitlere ait bilgiler bulunur
Yüzey akış yüzey durumu	SCS eğri numarası bulunur
Yüzey akış eğri numarası verisi	Hidrolojik toprak grubuna ait eğri numarası bulunur
USLE LS faktörleri	Arazi eğimi ve uzunluğu için LS değerlerini kapsar

GEM (Generation of weather Elements for Multiple applications)

Ölçüm yapılmadığı durumlarda yağış, en düşük - en yüksek hava sıcaklığı, nispi nem, bulutluluk ve rüzgar hızının sentetik olarak elde edilmesinde kullanılmaktadır.

3.2.1.4. AnnAGNPS sonuçları

Modelleme sonuçları (1) olay, (2) kaynak hesabı ve (3) istatistik analiz olarak üç dosyaya aktarılmaktadır. Olay dosyasında su, sediment, nitrojen, fosfor, organik karbon ve pestisite ait tekil, aylık veya yıllık çıktılar, herhangi bir nokta veya havza çıkış noktası için hesaplanabilmektedir. Kaynak hesabı dosyasında kullanıcının seçtiği noktada toplam miktar hesaplanmaktadır. Bu bilgi sayesinde hangi noktada önemli bir artış olduğu belirlenerek en iyi uygulama hakkında ön bilgi sahibi olunabilir. İstatistik analiz dosyasında frekans analizi sonuçları görülebilmekte veya istatistik - hesap tablosu programlarına veri transferi yapılabilmektedir (Binger vd. 2001).

3.2.2. SWRRB modeli

SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins – Kırsal Havzalarda Su Kaynakları Simülatörü) havza modeli kırsal havzalarda su bütçesi ile ilgili işlemleri simüle etmek için geliştirilmiştir. Modelin amacı, ölçüm yapılmamış kırsal havzalarda yönetimin su ve sediment verimleri üzerinde etkilerini kabul edilebilir doğrulukta tahmin etmektir (şekil 3.3.). Modelin alt bölümleri aşağıda açıklanmıştır (Arnold ve Williams 1987, Arnold ve Williams 1995, Karaş 2000).

3.2.2.1. Hidroloji alt modeli

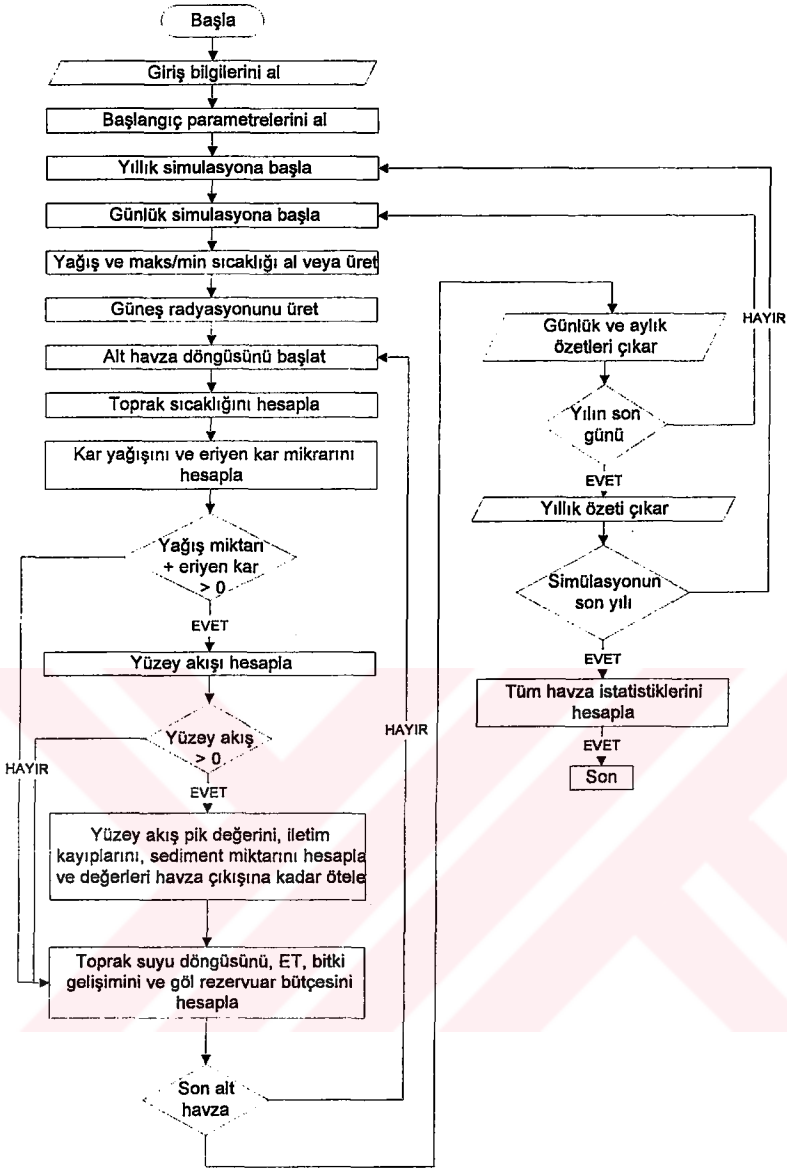
Hidroloji alt modeli aşağıda verilen su dengesi eşitliğine dayanır.

$$SW_T = SW + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_i - ET_i - P_i - QR_i) \quad (3.9)$$

Eşitlikte :

SW : Mevcut toprak su kapsamının 15 atmosfer basınç altındaki su kapsamına göre farkı,
T : Zaman, gün
R : Yağış, mm
Q : Akım, mm
ET : Evapotranspirasyon, mm
P : Sızma, mm
QR : Sisteme yeniden katılan su (sulama maksadıyla bir su kaynağından alınan suyun, sulama sırasında zemine sızarak yeraltına ve neticede tekrar yerüstü suyuna veya bir başka su kaynağına erişen kısmı).

Modelin devamlı su dengesini simüle etmesi nedeniyle kompleks havzalar, bitki, toprak ve evapotranspirasyondaki farklılıkları yansıtmak için alt havzalara bölünür. Bu durumda akım her bir alt alan için ayrı ayrı tahmin edilir ve havzalar için toplam akım elde edilir. Böylece hassasiyet artar ve su dengesinin daha iyi belirlenmesi sağlanır (Karaş 2000).



Şekil 3.3. SWRRB modeli bileşenleri (Arnold ve Williams 1995)
Yüzey akış

Yüzey akış modeli; yüzey akış hacmini, pik debiyi ve günlük yağışı simüle eder. Yüzey akış miktarı SCS eğri numarası tekniğinin bir modifikasyonu kullanılarak tahmin edilir (eşitlik 3.1).

SCS tekniği; a) uzun yıllar boyunca kullanıldığından ve güvenilir sonuçlar verdiğiinden, b) hesaplama etkinliğinden, c) ihtiyaç duyulan girdiler genel olarak mevcut olduğundan ve d) akımı; toprağın tipi, arazi kullanımı ve yönetim uygulamalarıyla ilişkilendirmesi nedeniyle seçilmiştir.

Pik debiyi tahmin etmek için iki seçenek vardır. Bunlar SCS TR-55 yöntemi (eşitlik 3.3) ve modifiye edilmiş rasyonel yöntemdir. Rasyonel yöntem aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$q_p = \phi r A / 360 \quad (3.10)$$

$$r = R_{tc}/t_c \quad (3.11)$$

Eşitliklerde:

q_p	: Pik debi, m ³ /s
ϕ	: Akış katsayısı
r	: Havzanın konsantrasyon zamanı için yağış şiddeti, mm/saat
A	: Havza alanı, ha
R_{tc}	: Konsantrasyon zamanınca yağış miktarı, mm
t_c	: Konsantrasyon zamanı, saat

3.2.2.2. İklim alt modeli

SWRRB modelini kullanabilmek için gerekli iklim değişkenleri yağış, hava sıcaklığı ve solar radyasyondur. Eğer günlük yağış varsa, bunlar doğrudan SWRRB modeline girdi olabilir. Yoksa, modelin hava bileşeni günlük yağış ve sıcaklığı simüle edebilir. Solar radyasyon daima simüle edilir. İklim elemanları bütün havza için simüle edilebilir veya simülasyon her bir alt havza için tek tek yapılabilir (Karaş 2000).

3.2.2.3. Sediment verimi alt modeli

Modelde sediment verimi, her bir alt havza için MUSLE ile hesaplanır. USLE'den faydalanılarak elde edilen MUSLE'de sediment verimi daha yüksek doğrulukta ve dağıtım oranına gerek duyulmaksızın belirtilmektedir. USLE yağış enerjisini sadece ayırmada dikkate aldığı için dağıtım oranına ihtiyaç duyarken MUSLE yağış enerjisini ayırma ve sediment taşınımında

dikkate aldığı için dağıtım oranına ihtiyaç duymaz (Williams ve Berndt 1977b).

$$Y = 11.8 (Vq_p)^{0.56} K C (PE)(LS) \quad (3.12)$$

Eşitlikte:

- Y : Havza sediment verimi, ton
- V : Havza yüzey akış hacmi, m³
- q_p : Havza pik debisi, m³/s
- K : Toprağın erozyona duyarlılık katsayısı
- C : Bitki yönetim katsayısı
- PE : Toprak koruma katsayısı
- LS : Topografik katsayı

3.2.2.4. Bitki besin maddeleri alt modeli

Bitki besin maddesi döngüsü EPIC modelinden alınıp modifiye edilerek modele dahil edilmiştir. SWRRB her bir alt havzada eş zamanlı hesaplamaları yaparak alt havza çıkışından havza çıkışına su, sediment ve bitki besin maddesinin zamansal değişimini hesaplamaktadır.

3.2.2.5. Toprak sıcaklığı alt modeli

Günlük toprak sıcaklığı her bir toprak katmanının merkezinde simüle edilir. Toprak sıcaklığı buharlaşma için önemlidir.

3.2.2.6. Bitki büyümesi alt modeli

SWRRB'deki bitki modeli EPIC modelinin basit halidir. SWRRB'de bulunan büyüme modeli, hem tek yıllık ve hem de çok yıllık bitkiler için bitki büyümesini simüle etmek için kullanılır. Bitkinin fenolojik gelişimi günlük ısı birikimine bağlı olarak hesaplanır.

3.2.2.7. Toprak işleme ve kalıntılar alt modeli

SWRRB'un toprak işleme bileşeni hasatta yerde kalan biyolojik kütleyi kısımlara ayırmak amacıyla tasarlanmıştır. Bu kütlenin bir kısmı toprak yüzeyinde kalırken bir kısmı toprağa karışır. Artıklar toprağa karışınca, model üzerinde herhangi bir etkisi kalmamaktadır.

3.2.2.8. Sulama alt modeli

SWRRB, kurak veya sulanan tarım arazilerini simüle etme seçeneğine sahiptir, akış oranı (araziden uzaklaşan su miktarının uygulanan su miktarına oranı) ve sulamaya başlamak için bir bitki su stresi seviyesi belirlenebilmektedir. Bitki su stresi faktörü 0-1 arasında değişir. Faktör 1 olduğunda su stresi olmadığını, 0 (sıfır) olduğunda büyümenin olmadığını ifade eder.

3.2.2.9. Taşkın öteleme alt modeli

SWRRB taşkın kontrol planlama ve taşkın tahmin modeli olduğu kadar; uzun dönemli bir su ve sediment verimi simülatörüdür. Keza SWRRB, sayısız yönetim stratejilerinin uzun dönemli simülasyonlarına ihtiyaç duyulan su kaynakları planlamasında oldukça etkin şekilde kullanılabilir. Taşkın ötelemesi günlük alt havza çıktıları toplanarak tahmin edilir (Karaş 2000).

3.2.3. GLEAMS modeli

CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems) modeli 1980 yılında Knisel'in çalışmaları önderliğinde USDA-ARS tarafından geliştirilmiş bir noktasal kaynaklı olmayan kirlilik modeli olup, hidrolojik modellemeye modifiye edilmiş SCS veya Smith ve Parlange tarafından düzeltilmiş Green ve Ampt eşitliğini kullanmaktadır. Model tarla ölçeğinde en fazla 20 yıl süreli simülasyon yapabilmektedir. Modelleme yapılacak alan; (1) homojen toprak, (2) tek bir bitki, (3) tek bir yönetim ve (4) yeknesak yağış özelliklerine sahip olmalıdır (Knisel 1980).

1984 yılında CREAMS modelini geliştirme çalışmalarına başlanmıştır. Modelin hidroloji bileşeninde revizyonlar yapılmış, pestisit bileşeni tamamen değiştirilmiş, ortaya çıkan modele GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems – Tarımsal Yönetim Sistemlerinin Yeraltısuyla Birikim Etkileri) adı verilmiştir (Leonard vd. 1987).

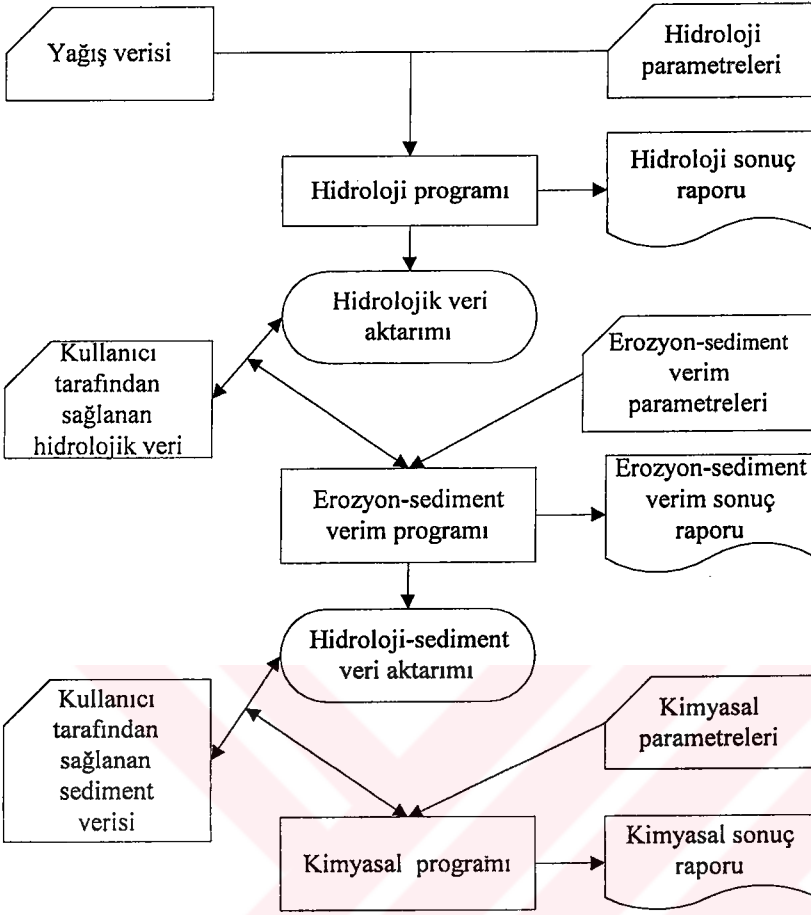
GLEAMS tarla bazında en fazla 50 yıllık sürede, homojen alanlarda kök bölgesi ve araziden sediment, pestisit ve bitki besin maddesi taşınımını simüle edebilen bir modeldir. Model; (1) hidroloji, (2) erozyon-sediment verimi, (3) bitki besin maddesi değişimi ve taşınımı ve (4) pestisit taşınımı

bileşenlerinden oluşmaktadır (şekil 3.4.). Model aşağıdaki 3 amaç için kullanılabilir (Knisel ve Davis 1999):

1. Bilinen veya tahmin edilen arazi koşullarında kirlenmenin tespit edilmesinde kullanılır. Örneğin tarım alanlarından geçmişteki veya mevcut işlemlerin etkisi değerlendirilebilir.
2. Fiziksel ve yönetsel koruma alternatiflerinin sonuçlarının tespitinde kullanılabilir.
3. Tarımsal ilaçların hareketlerini incelemek, ilaç tipinin, uygulanma oranının, uygulama zamanının, yüzey veya yeraltı suyuna etkisini incelemek amacıyla kullanılabilir.

Modelin genel özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Veri girişi etkileşimlidir. Yardım ekranları ve genel koşullar için veri tabloları bulunmaktadır.
- Hidroloji, erozyon - sediment, bitki besin maddesi ve pestisit modüllerinin girdi ve çıktı dosyaları ayrı ayrı kullanılabilir.
- 110 parametre arasından gerekli ve varolan parametreler seçilip kullanılabilir.
- Sulama ve gübreleme otomatik veya serbest olarak belirlenebilir.
- Hayvan atıklarının bulunduğu noktalar belirtilebilir.
- Erozyon - sediment olaylarını daha iyi belirleyebilmek için arazinin detaylı topografik özellikleri girilebilir.
- USDA- NRCS pestisit veri tabanı pestisit modülünde kullanılabilir.
- Orman alanlarında yönetim alternatifleri simüle edilebilir.
- Metrik veya İngiliz birimleri kullanılabilir.
- Model otomatik veya etkileşimli modda kullanılabilir.
- Model günlük sıcaklık ve yağış, aylık sıcaklık, güneş radyasyonu, rüzgar ve çiğlenme sıcaklığı, toprak özellikleri, gübreleme, toprak işleme bilgilerine ihtiyaç duymaktadır. Çıktıları olay, aylık ve yıllık olarak yüzey akış, sediment, pestisit miktarı ile yoğunluğunu, bitki besin maddesi miktarı ve yoğunluğunu değerlerini vermektedir (Knisel ve Davis 1999).



Şekil 3.4. GLEAMS modeli bileşenleri (Knisel ve Davis 1999)

3.2.3.1. Yüzey akış ve toprak kaybını hesaplanması

GLEAMS modelinde yüzey akış SCS eğri numarası yöntemi (eşitlik 3.1) ile pik debi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Knisel 1980).

$$q_p = 200 (DA)^{0.7} (CS)^{0.159} Q^{0.0166} (LW)^{-0.87} \quad (3.13)$$

Eşitlikte:

- q_p : Pik yüzey akış,
 DA : Drenaj alanı,
 CS : Ana kanal eğimi,
 Q : Günlük yüzey akış miktarı,
 LW : Havza uzunluk-genişlik oranı

Kaybedilen toprak miktarı USLE, sediment birikimi Yalin eşitliği ile hesaplanmaktadır. Sediment verimi toprak tanelerinin ayrışması ve taşınımının bir fonksiyonu olup; topografya, toprak özellikleri, toprak işleme, toprak örtüsü, yağış ve yüzey akış miktarına bağlıdır. Ayrışma ve taşınma ayrı birer olay olduğu için tek bir eşitlikle ifade edilmesi mümkün değildir (Knisel 1980).

Bir bölgedeki ayrışma modifiye USLE ile belirlenebilir.

$$D_{Li} = 0.210 EI (s + 0.014) K C P \left(\frac{\sigma_p}{V_u} \right) \quad (3.14)$$

$$D_{Fr} = 37983 m V_u \sigma_p^{1/3} \left(\frac{x}{72.6} \right)^{m-1} S^2 K C P \left(\frac{\sigma_p}{V_u} \right) \quad (3.15)$$

$$EI = 8.0 V_R^{1.51} \quad (3.16)$$

$$m = 1.0 + \frac{5.011}{\ln x} \quad (3.17)$$

Eşitliklerde:

- D_{Li} : Parmak arası ayrışma,
 D_{Fr} : Parmak ayrışma,
 EI : Yağış erozivitesi,
 s : Eğim açısının sinüsü,
 K : USLE toprak erozyon duyarlılık katsayısı,
 C : USLE bitki faktörü,
 P : USLE toprak koruma katsayısı,
 σ_p : Pik yüzey akış,
 V_u : Yüzey akış miktarı,
 x : Eğim uzunluğu,
 V_R : Yağış miktarı

Sediment taşınımı ise farklı tane boyutları için modifiye edilmiş Yalin eşitliği ile belirlenebilir (Knisel 1980).

$$\frac{W_s}{(S_g) g p_w d V_*} = 0.635 \delta \left[1 - \frac{1}{\sigma} \ln(1 + \sigma) \right] = P_s \quad (3.18)$$

Eşitlikte:

- Ws : Taşıma kapasitesi
- Sg : Tane özgül ağırlığı,
- g : Yerçekimi ivmesi,
- Pw : Akışkanın kütle yoğunluğu,
- t : Tane çapı,
- V* : Kesme hızı,
- δ : Yüzey akış,
- Ps : Boyutsuz taşıma oranı

3.2.4. Laboratuvar çalışmaları

Kullanılacak modellerde gerekli olan toprak bilgileri için havzadan alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde bünye tespiti, tarla kapasitesi, solma noktası, birim hacim ağırlık, doymun iletkenlik, organik madde miktarı belirlenmiştir (Karol 1968, Hızalan 1969, Mertdoğan 1982, Munsuz 1985, Carter 1993, Okman 1998)

3.2.5. İstatistiksel analiz

Modeller tarafından tahmin edilen yüzey akış ve sediment miktarları ölçülen değerlerle karşılaştırmak için t testine tabi tutulmuş ve doğruluk derecesini için ölçülen değerlerle tahminlerin farkları hesaplanmıştır (Haan 1979, Maidment 1992).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde çalışmalar sonucu elde edilen bulgular ortaya konmuştur. İlk bölümde CBS aracılığıyla elde edilen veriler, ikinci bölümde toprak analiz sonuçları, üçüncü bölümde yüzey akış sonuçları ve dördüncü bölümde sediment sonuçları verilmiştir.

4.1. CBS Ortamında Elde Edilen Veriler

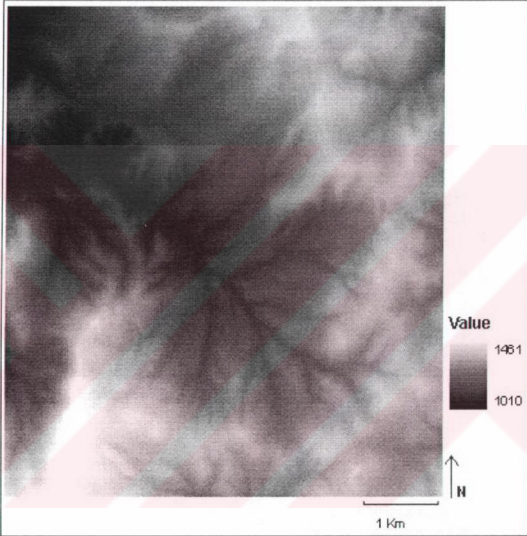
Tez çalışmasının kapsamında bulunan her üç model için de temel verilerin (topografya, arazi kullanım, toprak vb.) yanında pek çok özel veri de (kanal eğimi, toprak su içeriği, doygun iletkenlik gibi) gerekmektedir. Bu veriler arasında elde edilmesi en zor olan topografya ve konuma bağlı verilerin belirlenmesi için en uygun ortam olan CBS'den yararlanılmıştır.

Çalışmada topografya verisinin üretilmesinde ArcInfo ve Topaz CBS programları etkili bir şekilde kullanılmıştır. Topografya verisinin temelini oluşturan eş yükseklik eğrileri; ArcInfo kullanılarak vektör formatta 10 m yükseklik farkıyla topografik harita üzerinden sayısal ortama aktarılmış ve havza sınırları elle çizilmiştir. Topaz grid veri kullandığı için; vektör veri 15 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik verisine dönüştürülmüştür (şekil 4.1.). Daha sonra her iki program yardımıyla havza ve alt havza sınırları otomatik olarak elde edilmiştir. Havza sınırı belirlemede havzanın çıkışı ve güneybatı köşesi dışında elle belirlenen sınırlara yakın sonuç elde edilmiştir (şekil 4.2.). Her üç yöntemle elde edilen havza alanları ve oransal farkları çizelge 4.1.'de verilmiştir. Sayısal yükseklik verisi yardımıyla her iki CBS programı da kullanılarak havzaya ait akım, yöney ve 3 boyutlu yükseklik haritaları elde edilmiştir (şekil 4.3.-4.5.).

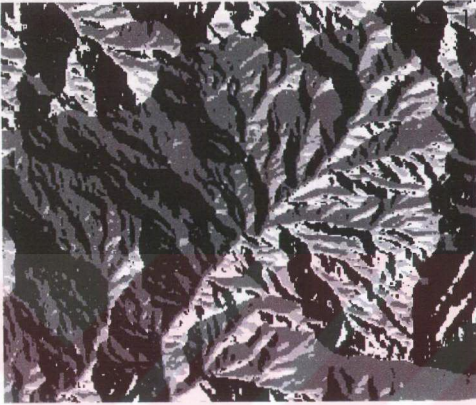
KHGM'den elde edilen arazi kullanım ve büyük toprak grupları haritaları sayısallaştırılarak alt havzalarla yapılacak konumsal analiz için hazırlanmıştır (şekil 4.6. - 4.7.).

Çizelge 4.1. Klasik, ArcInfo ve Topaz yöntemiyle elde edilen havza alanları ve farkları

Yöntem	Havza alanı (km ²)	Mutlak fark (km ²)	Oransal fark (%)
Klasik	15.909	0.000	0.000
ArcInfo	15.975	0.066	0.415
Topaz	15.886	-0.023	0.145



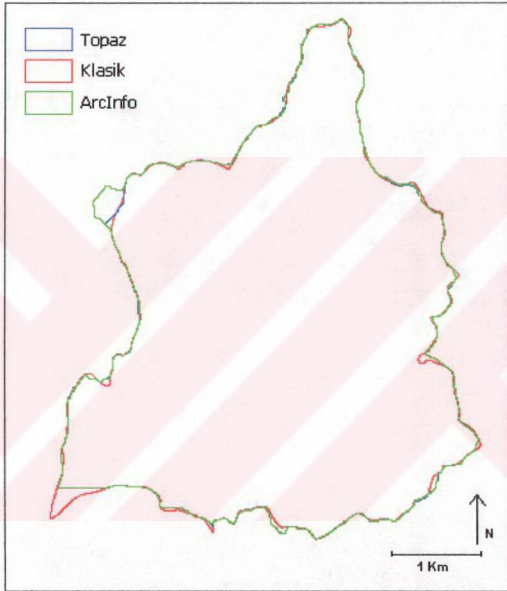
Şekil 4.1. 15 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik verisi



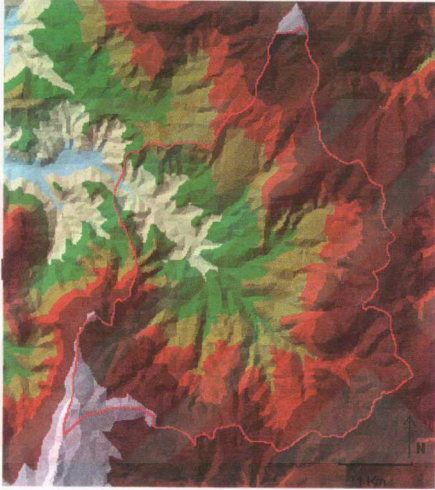
Şekil 4.4. Güvenç havzası yöney haritası



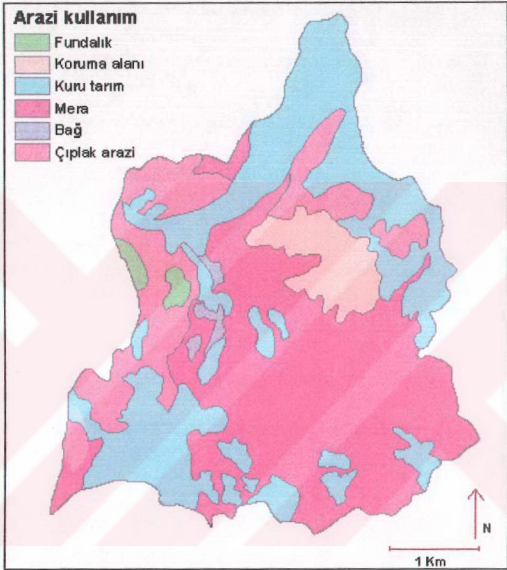
Şekil 4.3. Güvenç havzası akım ağı haritası



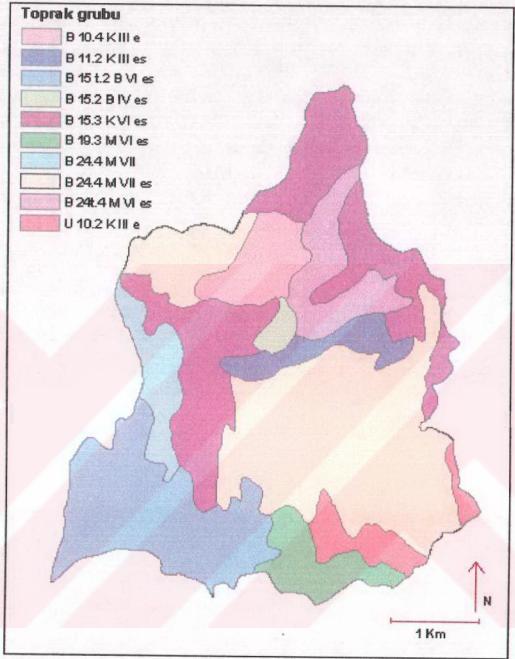
Şekil 4.2. Farklı yöntemlerle belirlenen havza sınırları



Şekil 4.5. Güvenç havzası 3 boyutlu yükseklik haritası



Şekil 4.6. Güvenç havzası arazi kullanım durumu



Şekil 4.7. Güveç havzası büyük toprak grupları

Topografya ve konuma bağılı verilerden bazıları her üç modelde de kullanılırken bazıları tek bir modelde kullanılmaktadır. Bu nedenle her üç modelde kullanılan veriler aşağıda özetlenmiştir.

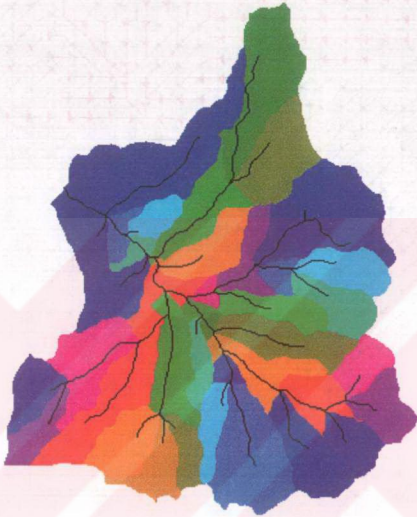
4.1.1. AGNPS modelinde kullanılan veriler

AGNPS modeli havzayı topografyayı temel alarak hücelere (alt havzalara) ayırdıktan sonra her bir hücreye ait iklim, toprak, arazi kullanımı ve bitki özelliklerinin girilmesini istemektedir.

Topaz programı ile AGNPS modeli arasında otomatik veri aktarma özelliği bulunması nedeniyle Topaz programında üretilen alt havza bölümlemesi AGNPS modeline aktarılmıştır. Topaz programı havzayı 52 alt havzaya ayırmıştır (şekil 4.8.). Ayrıca akımın başladığı her bir alt havza; kaynak, sol ve sağ bölümler olarak yeniden 3 parçaya ayrılmıştır (şekil 4.9.). Dolayısıyla bütün havza toplam 126 hücreye ayrılmıştır (şekil 4.10.). Alt havza bölümlemesinin yanında AGNPS'de 52 alt havzanın her biri için gerekli olan akımın geldiği havza, alt havzanın ortalama yüksekliği, eğimi ve uzunluğu ve 126 hücrenin her biri için gerekli olan akımın geldiği hücre, hücrenin ait olduğu alt havza, hücre alanı, ortalama yüksekliği, eğimi, yönevi, LS katsayısı, akım uzunluğu, akım yolu eğimi, konsantrasyonun başladığı eğim ve uzunluk verilerinin Topaz tarafından oluşturulan çıktı dosyalarından elde edilmesinin dışında ArcInfo yardımıyla her bir hücrenin toprak özellikleri ve arazi kullanım durumu; toprak ve arazi kullanım haritalarının hücre haritası ile karşılaştırılarak genelleştirilmesinden elde edilmiştir (şekil 4.11.).

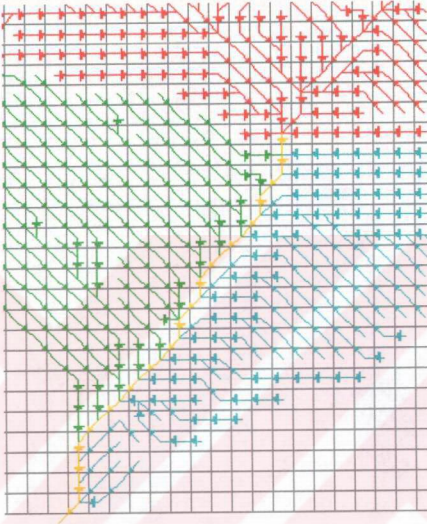
4.1.2. SWRBB modelinde kullanılan veriler

SWRBB modeli de AGNPS gibi havzanın homojen alt havzalara ayrılmasını gerekli kılmaktadır. Ancak model en fazla 10 alt havzaya izin vermektedir (Arnold ve Williams 1995, Karaş 1999). Bu nedenle TOPAZ programında elde edilen 52 alt havza birleştirilerek önce 10 alt havzaya düşürülmüş (şekil 4.12.), daha sonra model içinde alt havzalarda toprak ve arazi kullanım durumları belirtilmiştir. SWRBB modelinde kullanılan ve CBS yardımıyla elde edilen veriler çizelge 4.2.'de verilmiştir



Şekil 4.8. Topaz programı tarafından oluşturulan alt havzalar

SCS eğri numarası gibi konuma bağlı değişkenlerin eldesinde CBS oldukça yararlı olmuştur. SCS eğri numarasının belirlenmesi için bilinmesi gereken hidrolojik toprak grubu (su alma hızı ve kapasitesi), arazi kullanımı (bitki örtüsü, orman, yol vb.), bitkinin durumu ve ekim şekli (şeritsel, teras vb.) bilgileri tüm havza da ayrı ayrı elde edilebildiği halde her bir nokta için bu verilerin derlenmesi klasik yöntemle oldukça zor olmaktadır. CBS yardımıyla alt havza katmanı; arazi kullanım ve toprak haritaları ile karşılaştırılarak her bir alt havzadaki bitki örtüsü ve toprak bilgisi elde edilmiş, bu değerler genelleştirilerek şekil 4.13.'deki SCS eğri numarası haritası elde edilmiştir.



Şekil 4.9. Topaz programı tarafından her bir alt havzanın parçalara ayrılması

4.1.3. GLEAMS modelinde kullanılan veriler

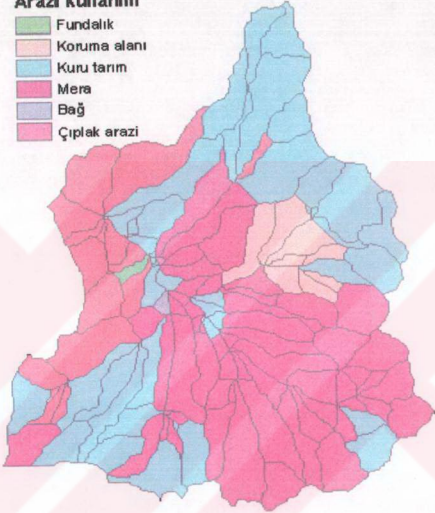
GLEAMS modeli de havzanın topografya temel alınarak alt havzalara ayrıldıktan sonra toprak, iklim, arazi kullanım ve bitki özelliklerinin girilmesini istemektedir. Modeller arasındaki değerlendirme daha kolay yapılabilmesi için; havza, SWRBB modelinde olduğu gibi 10 alt havzaya ayrılarak çözüme gidilmiştir (çizelge 4.3.).



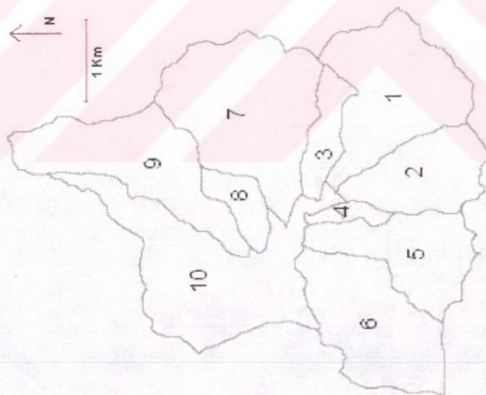
Şekil 4.10. Topaz programı tarafından akım dikkate alınarak oluşturulan hücreler

Arazi kullanım

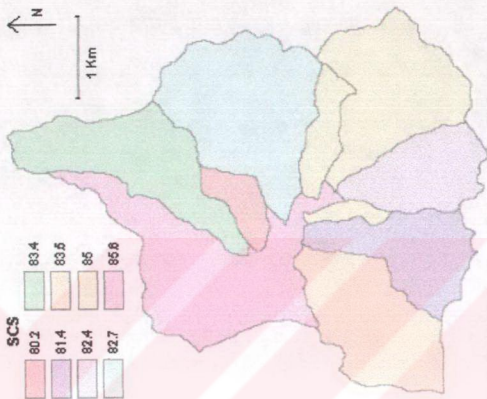
- Fundalık
- Koruma alanı
- Kuru tarım
- Mera
- Bağ
- Çıplak arazi



Şekil 4.11. Arazi kullanım durumunun hücrelerde genelleştirilmesi



Şekil 4.12. SWRRB modelinde kullanılan havza bölümlenmesi



Şekil 4.13. SWRRB modelinde kullanılan alt havzaların SCS eğri numarası

Çizelge 4.2. CBS yardımıyla elde edilen ve SWRRB modelinde kullanılan veriler

Alt havza no	Havza alanına oranı (%)	Kanal uzunluğu (km)	Kanal eğimi (%)	Eğim uzunluğu (m)	Eğim derecesi (%)	Havza çıkışına uzaklık (km)	Ana kanal eğimi (%)	SCS numarası *	K eğri faktörü *	Kum oranı (%) *	Silt oranı (%) *	Kil oranı (%) *
1	0.138	2.41	0.087	150	0.180	2.65	0.031	85.0	0.23	0.19	0.43	0.38
2	0.080	1.82	0.086	126	0.150	2.65	0.033	82.4	0.24	0.30	0.40	0.30
3	0.034	1.63	0.127	136	0.163	2.40	0.029	85.0	0.22	0.18	0.44	0.38
4	0.012	0.99	0.123	103	0.123	2.15	0.030	85.0	0.24	0.19	0.46	0.35
5	0.091	2.04	0.108	133	0.160	1.95	0.030	81.4	0.36	0.21	0.56	0.23
6	0.127	2.49	0.121	135	0.161	1.95	0.320	83.5	0.45	0.20	0.61	0.19
7	0.176	2.90	0.074	140	0.167	1.90	0.280	82.7	0.22	0.22	0.42	0.36
8	0.027	1.26	0.145	119	0.143	1.45	0.210	80.2	0.26	0.23	0.45	0.32
9	0.130	3.43	0.085	116	0.139	1.40	0.210	83.4	0.21	0.22	0.38	0.40
10	0.185	2.99	0.082	134	0.160	0.00	0.000	85.6	0.36	0.18	0.52	0.30
Ort	---	2.20	0.104	129	0.155	1.85	0.117	83.4	0.28	0.21	0.47	0.32

* Bu değerler CBS de direkt olarak elde edilmemiş, havza genelinde belirlenmiş verilerden alt havzalara genellenmiştir.

Çizelge 4.3. CBS yardımıyla elde edilen ve GLEAMS modelinde kullanılan veriler

Alt havza no	Havza alanına oranı (%)	Kanal eğimi (%)	Eğim uzunluğu (m)	Ana kanal eğimi (%)	SCS eğri numarası *	K faktörü *
1	0.138	0.087	150	0.031	85.0	0.23
2	0.080	0.086	126	0.033	82.4	0.24
3	0.034	0.127	136	0.029	85.0	0.22
4	0.012	0.123	103	0.030	85.0	0.24
5	0.091	0.108	133	0.030	81.4	0.36
6	0.127	0.121	135	0.032	83.5	0.45
7	0.176	0.074	140	0.028	82.7	0.22
8	0.027	0.145	119	0.021	80.2	0.26
9	0.130	0.085	116	0.021	83.4	0.21
10	0.185	0.082	134	0.000	85.6	0.36
Ort.	---	0.104	129	0.026	83.4	0.28

* Bu değerler CBS de direkt olarak elde edilmemiş, havza genelinde belirlenmiş verilerden alt havzalara genellenmiştir.

4.2. Toprak Analiz Sonuçları

Modeller için gerekli verilerin başında olan toprak özellikleri için havzanın 13 noktasından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları çizelge 4.4.'de verilmiştir.

4.3. Yüzey Akış Miktarları

Modeller yüzey akış miktarını olay bazında, günlük, aylık veya yıllık olarak hesaplayabilmektedir. Ancak su biriktirme yapısının inşaa edildiği 1984 yılından itibaren yağış ve yüzey akış verisi günlük olarak belirlendiği halde sediment için günlük ölçüm yapılmamıştır. Materyal bölümünde de belirtildiği üzere su biriktirme yapısının haznesinde Temmuz 1989-Haziran 1997 tarihleri arasında biriken sediment miktarı belirlendiğinden yüzey akış ve sediment modellemesinde bu süre esas alınarak ölçülen yağış ve yüzey akış değerleri ile modeller tarafından tahmin edilen değerlerden seçilmiş olanlar ve bu değerlerin farkları çizelge 4.5.'de verilmiştir. Çizelge 4.6.'da aylık, çizelge 4.7.'de yıllık bazda elde edilen ve ölçülen tüm yüzey akış değerleri verilmiştir. Şekil 4.14.-4.16'da 1989-1997 yılları arasında ölçülen ile modellerle tahmin edilen değerler aylık olarak çizilmiştir.

4. Havzadan alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları

7	Organik madde mik. (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye	USLE K	Özgül ağırlık (gr/cm ³)	Tarla kap. (m/m)	Sol nok. (m/m)
00	2.43	24.02	30.92	45.06	Killitın	0.23	1.47	0.34	0.20
10	1.84	11.27	42.67	46.06	Siltikil	0.25	1.48	0.37	0.27
54	1.62	14.08	16.28	69.65	Siltitın	0.48	1.52	0.38	0.18
68	1.58	40.11	24.04	35.85	Tın	0.24	1.57	0.27	0.13
46	1.77	23.38	19.07	57.55	Siltitın	0.38	1.55	0.34	0.15
60	1.35	24.40	40.46	35.14	Killitın	0.21	1.58	0.35	0.21
09	0.96	19.50	19.00	61.49	Siltitın	0.44	1.54	0.36	0.12
96	1.53	32.53	29.13	38.35	Killitın	0.25	1.60	0.33	0.25
23	2.12	16.83	24.55	58.61	Siltitın	0.32	1.53	0.35	0.14
99	1.96	17.97	38.18	43.86	Siltikillitın	0.22	1.39	0.36	0.20
96	1.14	23.74	38.72	37.54	Killitın	0.18	1.62	0.33	0.22
17	1.43	21.25	35.65	43.10	Killitın	0.27	1.62	0.32	0.24
33	1.56	22.27	32.92	44.82	Killitın	0.22	1.57	0.33	0.20

Çizelge 4.5. Olay bazında seçilmiş yüzey akış değerleri

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)				Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)						
				Yüzey akış		Akım		AGNPS	GLEAMS	SWRRB	AGNPS	GLEAMS	SWRRB	
				AGNPS	GLEAMS	AGNPS	SWRRB							
12.08.1989														
13.08.1989	12.6	0.34	0.32					0.13			-0.32	-0.32	-0.21	-0.08
14.08.1989	4.6	0.08	0.08								-0.08	-0.08	-0.08	-0.08
15.08.1989														
16.10.1989	4.2													
17.10.1989	13.7	0.19	0.18					0.05			-0.18	-0.18	0.05	0.92
18.10.1989		0.01						1.11					0.92	-0.01
19.10.1989														
24.11.1989	16.5	1.01	0.69			3.41	11.24	1.64			2.40	10.22	0.63	0.63
25.11.1989	1.1	0.19	0.05				0.14				-0.07	0.07	-0.19	-0.19
26.11.1989	14.4	1.02	0.61			4.67	0.20	1.84			3.78	-0.68	0.82	0.82
27.11.1989	3.4	0.60	0.14			1.03		0.11			0.82	-0.21	-0.49	-0.49
28.11.1989	27.2	1.39	1.14			17.21	3.66	7.69			15.54	1.98	6.30	6.30
29.11.1989	5.3	2.58	0.22			1.93		0.42			1.60	-0.33	-2.16	-2.16
30.11.1989		0.71											-0.71	-0.71
05.07.1991		0.02											-0.02	-0.02
06.07.1991	12.5	0.25	0.16					0.43			-0.16	-0.16	0.18	0.18
07.07.1991	2.3	0.08	0.03								-0.03	-0.03	-0.08	-0.08
08.07.1991	0.9	0.07	0.01								-0.01	-0.01	-0.07	-0.07
09.07.1991		0.07											-0.07	-0.07

Çizelge 4.5. Olay bazında seçilmiş yüzey akış değerleri (Devam)

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)				Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)		
				Yüzey akış		Akım		AGNPS	GLEAMS	SWRRB
				AGNPS	GLEAMS	SWRRB	AKİM			
03.10.1991	1.6									
04.10.1991	2.3									
05.10.1991	7.0									
06.10.1991	20.6	2.33	1.94		0.41	1.14		-1.94	-1.52	-1.19
07.10.1991	2.9									
08.10.1991										
25.06.1992		0.11								
26.06.1992	7.8	0.27	0.08			0.01		-0.08	-0.08	-0.11
27.06.1992	1.7	0.14	0.02					-0.02	-0.02	-0.26
28.06.1992	22.1	0.58	0.23		0.02	3.44		-0.23	-0.22	-0.14
29.06.1992	1.4	0.36	0.01					-0.01	-0.01	2.86
30.06.1992	18.1	0.92	0.19	1.44	0.02	4.64		1.24	-0.17	-0.36
01.07.1992	10.7	2.27	0.11			2.01		-0.11	-0.11	3.72
02.07.1992	0.6	1.94	0.01					-0.01	-0.01	-0.26
03.07.1992	1.2	1.44	0.01					-0.01	-0.01	-1.94
04.07.1992	1.2	1.29	0.01					-0.01	-0.01	-1.44
05.07.1992		1.12						-0.01	-0.01	-1.29
28.07.1992		0.08								-1.12
29.07.1992	12.0	0.30	0.22			0.40		-0.22	-0.22	-0.08
30.07.1992		0.10								0.10
										-0.10

Çizelge 4.5. Olay bazında seçilmiş yüzey akış değerleri (Devam)

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)				Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)			
				Yüzey akış		Akım		AGNPS		GLEAMS	
				AGNPS	GLEAMS	SWRRB	SWRRB				
23.05.1993		0.36									-0.36
24.05.1993	1.1	0.39	0.02							-0.02	-0.39
25.05.1993	20.0	0.85	0.41		1.59		1.92	-0.41		1.18	1.07
26.05.1993	10.5	1.87	0.22		0.08		1.33	-0.22		-0.14	-0.54
27.05.1993		0.81									-0.81
04.06.1993		0.48									-0.48
05.06.1993	11.0	0.83	0.23				0.23	-0.23		-0.23	-0.60
06.06.1993	5.3	1.12	0.28				0.06	-0.28		-0.28	-1.06
07.06.1993		0.89									-0.89
17.09.1994	3.1										
18.09.1994	27.7	0.13	0.11				4.97	-0.11		0.20	4.84
19.09.1994	37.7	1.25	0.87	25.17	9.69		16.89	24.30		8.82	15.64
20.09.1994	1.8	0.19	0.04					-0.04		-0.04	-0.19
21.09.1994	1.4	0.08	0.03					-0.03		-0.03	-0.08
22.09.1994	0.1	0.05									-0.05
23.09.1994		0.02									-0.02
07.07.1995		0.02									-0.02
08.07.1995	10.6	0.02					0.34				0.32
09.07.1995	0.5	0.02	0.01					-0.01		-0.01	-0.02

Çizelge 4.5. Olay bazında seçilmiş yüzey akış değerleri (Devam)

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)			Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)		
				Yüzey akış		Akım	AGNPS	GLEAMS	SWRRB
				AGNPS	GLEAMS				
10.07.1995	1.1	0.02	0.02				-0.02	-0.02	-0.02
11.07.1995	39.4	0.01	0.01	4.19	2.35	7.75	4.18	2.34	7.74
12.07.1995	1.7	0.47	0.45				-0.45	-0.45	-0.47
13.07.1995		0.14							-0.14
25.05.1996		0.46							-0.46
26.05.1996	23.5	1.38	0.63		1.75	3.00	-0.63	1.11	1.62
27.05.1996	0.1	0.50							-0.50
28.05.1996		0.48							-0.48
27.09.1996	3.1					0.01			0.01
28.09.1996	25.5	0.58	0.52	3.15	3.29	7.25	2.62	2.77	6.67
29.09.1996		0.02							-0.02
23.04.1997		1.55							-1.55
24.04.1997	36.2	6.39	1.81	8.93	6.51	13.78	7.12	4.70	7.39
25.04.1997		3.59							-3.59
09.06.1997		0.36							-0.36
10.06.1997	25.8	0.71	0.41		1.77	3.62	-0.41	1.36	2.91
11.06.1997	23.9	1.41	0.38	3.35	2.25	6.08	2.97	1.87	4.67
12.06.1997	6.1	1.12	0.10			0.35	-0.10	-0.10	-0.77
13.06.1997	0.9	0.62	0.01				-0.01	-0.01	-0.62

Çizelge 4.5. Olay bazında seçilmiş yüzey akış değerleri (Devam)

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)			Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)		
				AGNPS	GLEAMS	SWRRB	AGNPS	GLEAMS	SWRRB
14.06.1997	0.8	0.55	0.01				-0.01	-0.01	-0.55
15.06.1997	0.5	0.49	0.01				-0.01	-0.01	-0.49
16.06.1997	0.2	0.46							-0.46
17.06.1997		0.44							-0.44

Çizelge 4.5.'de görülebileceği üzere 13-14.08.1989'daki 17.2 mm'lik yağış sonucu 0.29 mm yüzey akış ölçülürken yağış ve sulama sonrası yüzey akışı tahmin eden AGNPS ve GLEAMS modelleri herhangi bir yüzey akış hesaplamamıştır. Aynı olayda 0.42 mm toplam akım ölçülürken SWRRB modeli sadece 0.13 mm akım olacağını tahmin etmiştir.

İlk olaya yakın miktarda (17.9 mm) yağışın olduğu 16-17.10.1989 tarihindeki olayda da benzer şekilde AGNPS ve GLEAMS hiç yüzey akış vermezken; ölçülen 0.20 mm akıma karşılık SWRRB 1.16 mm akım olacağını tahmin etmiştir.

Toplam olarak 67.9 mm yağmurun yağdığı 24-29.11.1989 tarihleri arasında 3 farklı yağış olmuş, 7.5 mm akım, 2.85 mm yüzey akış olmuştur. AGNPS modeli 28.25 mm, GLEAMS ise 15.24 mm yüzey akış, SWRRB modeli de 11.7 mm akım modellemiştir. Bu durumda ardarda gelen olaylarda havza ve modellerin nasıl tepki verdiklerine önemli bir örnektir.

15.7 mm yağışın olduğu 6-8.7.1991 tarihli olayda sadece SWRRB 0.43 mm akım modellemiştir. Diğer modeller akım veya yüzey akış ile ilgili herhangi bir sonuç vermemiştir.

34.4 mm yağışın olduğu 3-7.10.1991 tarihli olayda ilk 3 gün hiç akım ölçülmemiş, 20.6 mm yağışın olduğu 4. gün AGNPS 0, SWRRB 1.14, GLEAMS ise 0.41 mm sonuç vermiştir.

26-30.6.1992 tarihleri arasında ilk üç günde 31.6 mm'lik yağış sonrası AGNPS 0, GLEAMS 0.02, SWRRB 3.45 mm model sonucu vermiştir. Son iki günde 19.5 mm yağışta AGNPS 1.44, SWRRB 4.64, GLEAMS 0.02 mm'lik tahminde bulunmuştur.

Toplam 13.7 mm yağışın olduğu 1-4.7.1992 olayının ilk günü 10.7 mm yağışa karşılık 2.27 mm akım olmuş, SWRRB 2.01 mm tahminde bulunmuştur.

29.7.1992 tarihindeki 12 mm yağış sonucu 0.3 mm akım, 0.22 mm yüzey akışa karşılık sadece SWRRB 0.4 mm tahminde bulunduğu olayda modellerin bir günlük veya düşük miktardaki yağışta sonuç üretmediği görülmektedir.

36.6 mm yağışın olduğu 24-26.5.1993 tarihinde AGNPS hiç yüzey akış tahmin etmezken, GLEAMS 1.67 mm yüzey akış, SMRRB 3.25 mm akım tahmin etmiştir.

5-6.6.1993 tarihli olayda 16.3 mm yağış, 1.95 mm akım, 0.51 mm yüzey akışa karşılık AGNPS ve GLEAMS 0, SWRRB 0.29 mm akım tahmin etmiştir.

18-19.9.1994 tarihleri arasında 65.4 mm yağış olmuş, AGNPS 25.17 mm, GLEAMS 10 mm yüzey akış, SWRRB 21.86 mm akım hesaplamıştır. AGNPS, oluşan yağışın yaklaşık % 38'inin yüzey akışa geçtiğini hesaplamıştır.

SWRRB modeli 8.7.1995' de 10.6 mm yağış sonucu 0.34 mm akım üretirken, 11.07.1995'de 39.4 mm yağışa karşılık 7.75 mm akım üretmiştir. 26.5.1996 tarihinde 23.5 mm yağış sonucu 1.38 mm akım ölçülmüş, AGNPS 0, SWRRB 3, GLEAMS 1.75 mm tahminde bulunmuştur.

27-28.9.1996 arasında toplam 28.6 mm yağış da bir önceki olayda hiç sonuç vermeyen AGNPS 3.15 mm, SWRRB 7.26 mm, GLEAMS 3.29 mm akış tahmin etmiştir.

24.4.1997 tarihinde 1.81 mm yüzey akışa karşılık AGNPS 8.39 mm, GLEAMS 6.51 mm yüzey akış, 6.39 mm akıma karşılık SWRRB 13.78 mm akım modellemiştir.

10-12.06.1997 tarihinde 55.8 mm yağış sonrası 3.24 mm akım oluşmuş, AGNPS bir günde 3.35 yüzey akış, SWRRB 10.05 mm akım, GLEAMS 4.02 mm yüzey akış modellemiştir.

Seçilen olaylarda elde edilen sonuçlara göre ölçülen ile modellenen değerler arasında en farklı sonuç AGNPS ve SWRRB modelinde 19.09.1994 tarihinde 24.3 ve 15.64 mm, GLEAMS modelinde 24.11.1989 tarihinde 10.22 mm olmuş, en yakın sonuçlar ise AGNPS modelinde 27.11.1989 da 0.82 mm, SWRRB de 29.7.1992 de 0.10 mm, GLEAMS ise 0.07 mm ile 25.11.1989 da elde edilmiştir.

Aylık bazda sonuçların özetlendiği çizelge 4.6.'da görülebileceği gibi modellerin değer tahmin ettiği aylarda ölçülen ile modellenen arasındaki en düşük farkı AGNPS için şubat 1991 de 0.18 mm, SWRRB için ekim 1996 da 0.03 mm, GLEAMS için ise şubat 1992 de - 0.09 mm olmuştur. En

farklı tahmin ise AGNPS için kasım 1994'de 35.04 mm, SWRRB için nisan 1996'da -38.15 mm, GLEAMS için aralık 1993'de 22.07 mm olmuştur. Genel olarak bakıldığında ise toplam 3715.3 mm yağış sonrası 800.42 mm akım, 236.87 mm yüzey akış ölçülmüş, AGNPS 151.10 mm farkla 388.01 mm, SWRRB - 481.71 mm farkla 318.71 mm, GLEAMS ise 39.24 mm farkla 276.10 mm tahminde bulunmuştur.

Yıllık bazda sonuçların verildiği çizelge 4.7'de ise 8 yıllık ortalamaya göre 464.42 mm yağış sonrası 100.05 mm akım, 29.61 mm yüzey akış olmuş, AGNPS 48.50, GLEAMS 34.51 mm yüzey akış, SWRRB 39.84 mm akım olacağını tahmin etmiştir.



Çizelge 4.6. Aylık bazda elde edilen yüzey akış değerleri

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)				Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)			
				Yüzey akış		Akım					
				AGNPS	GLEAMS	SWRRB	AGNPS	AGNPS	GLEAMS	SWRRB	SWRRB
7/1989	10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8/1989	17.2	0.43	0.34	0.00	0.00	0.13	0.13	-0.34	-0.34	-0.30	-0.30
9/1989	2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10/1989	49.7	0.63	0.44	0.00	0.00	2.09	2.09	-0.44	-0.44	1.46	1.46
11/1989	105.5	8.32	4.44	28.27	15.91	12.97	12.97	23.83	11.47	4.65	4.65
12/1989	57.7	14.92	5.38	24.24	24.08	8.13	8.13	18.86	18.70	-6.79	-6.79
1/1990	3.1	14.66	0.15	0.00	0.61	0.03	0.03	-0.15	0.46	-14.63	-14.63
2/1990	24.7	8.31	0.54	0.00	1.33	0.48	0.48	-0.54	0.79	-7.83	-7.83
3/1990	26.4	24.73	5.41	2.64	0.51	1.90	1.90	-2.77	-4.90	-22.83	-22.83
4/1990	89.0	34.45	12.74	4.91	3.94	6.02	6.02	-7.83	-8.80	-28.43	-28.43
5/1990	33.7	21.53	3.13	0.00	0.00	0.01	0.01	-3.13	-3.13	-21.52	-21.52
6/1990	11.8	4.84	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.22	-0.22	-4.84	-4.84
7/1990	13.0	1.04	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.23	-0.23	-1.04	-1.04
8/1990	8.2	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.04	-0.04
9/1990	29.1	0.06	0.04	0.00	0.31	1.03	1.03	-0.04	0.27	0.97	0.97
10/1990	44.9	0.22	0.13	0.00	0.91	0.05	0.05	-0.13	0.78	-0.17	-0.17
11/1990	14.7	0.62	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.22	-0.22	-0.62	-0.62
12/1990	64.1	4.03	2.38	6.11	0.04	0.20	0.20	3.73	-2.34	-3.83	-3.83
1/1991	11.8	1.63	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.28	-0.28	-1.63	-1.63
2/1991	28.7	4.60	1.39	1.57	8.28	0.41	0.41	0.18	6.89	-4.19	-4.19

Çizelge 4.6. Aylık bazda elde edilen yüzey akış değerleri (Devam)

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)				Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)				
				Yüzey akış		SWRRB	AGNPS	GLEAMS	SWRRB	AGNPS	GLEAMS	SWRRB
				AGNPS	GLEAMS							
3/1991	18.7	5.96	1.49	0.00	0.00	1.00	-1.49	-1.49	-1.49	-4.96		
4/1991	67.1	7.30	2.58	0.00	0.04	1.53	-2.58	-2.54	-2.54	-5.77		
5/1991	52.8	5.30	0.91	0.00	1.07	1.85	-0.91	0.16	0.16	-3.45		
6/1991	33.2	2.60	0.56	0.00	0.02	0.63	-0.56	-0.54	-0.54	-1.97		
7/1991	21.4	1.05	0.34	0.00	0.00	0.44	-0.34	-0.34	-0.34	-0.61		
8/1991	19.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.31		
9/1991	3.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
10/1991	68.5	2.53	1.76	0.00	0.43	1.36	-1.76	-1.33	-1.33	-1.17		
11/1991	21.8	0.05	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.18		
12/1991	66.2	3.00	1.18	12.65	12.81	2.78	11.47	11.63	11.63	-0.22		
1/1992	0.3	2.64	0.00	0.00	1.08	0.00	0.00	1.08	0.00	-2.64		
2/1992	5.7	4.42	0.48	0.00	0.39	0.00	-0.48	-0.09	-0.09	-4.42		
3/1992	69.0	28.36	5.43	7.18	1.85	12.61	1.75	-3.58	-3.58	-15.75		
4/1992	58.0	36.52	1.95	0.00	0.00	6.09	-1.95	-1.95	-1.95	-30.43		
5/1992	10.3	17.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-17.65		
6/1992	77.6	6.32	0.80	1.45	0.04	8.10	0.65	-0.76	-0.76	1.78		
7/1992	55.9	14.90	7.84	0.00	0.00	3.09	-7.84	-7.84	-7.84	-11.81		
8/1992	2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
9/1992	2.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
10/1992	30.0	0.05	0.04	0.00	0.00	0.20	-0.04	-0.04	-0.04	0.15		

Çizelge 4.6. Aylık bazda elde edilen yüzey akış değerleri (Devam)

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)			Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)			
				Yüzey akış		Akım	AGNPS	GLEAMS	SWRRB	SWRRB
				AGNPS	GLEAMS					
11/1992	66.9	2.10	1.34	7.37	1.72	13.39	6.03	0.38	11.29	
12/1992	39.0	7.41	2.71	11.71	0.96	7.60	9.00	-1.75	0.19	
1/1993	22.4	7.44	2.40	6.86	9.10	0.61	4.46	6.70	-6.83	
2/1993	27.4	11.55	6.16	9.95	13.82	2.40	3.79	7.66	-9.15	
3/1993	28.3	24.10	5.60	0.00	0.00	0.82	-5.60	-5.60	-23.28	
4/1993	33.3	13.43	1.46	0.00	0.00	0.31	-1.46	-1.44	-13.12	
5/1993	86.6	15.67	3.77	0.00	2.89	5.31	-3.77	-0.88	-10.36	
6/1993	23.1	14.72	2.45	0.00	0.01	0.29	-2.45	-2.44	-14.43	
7/1993	7.6	4.53	0.10	0.00	0.00	0.00	-0.10	-0.10	-4.53	
8/1993	21.4	1.22	0.38	0.00	0.00	0.63	-0.38	-0.38	-0.59	
9/1993	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10/1993	1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11/1993	41.4	0.19	0.01	0.00	16.85	0.00	0.00	0.00	-0.19	
12/1993	58.9	2.79	1.12	12.72	23.19	1.44	11.60	22.07	-1.35	
1/1994	75.1	9.05	4.63	26.00	1.88	9.40	21.37	-2.75	0.35	
2/1994	32.7	10.92	4.46	4.66	1.39	0.80	0.20	-3.07	-10.12	
3/1994	16.0	12.17	4.16	0.00	0.00	0.12	-4.16	-4.16	-12.05	
4/1994	34.2	6.26	1.59	0.00	0.03	0.25	-1.59	-1.56	-6.01	
5/1994	60.6	8.17	3.03	1.57	0.77	0.84	-1.46	-2.26	-7.33	
6/1994	3.3	1.83	0.04	0.00	0.00	0.00	-0.04	-0.04	-1.83	

Çizelge 4.6. Aylık bazda elde edilen yüzey akış değerleri (Devam)

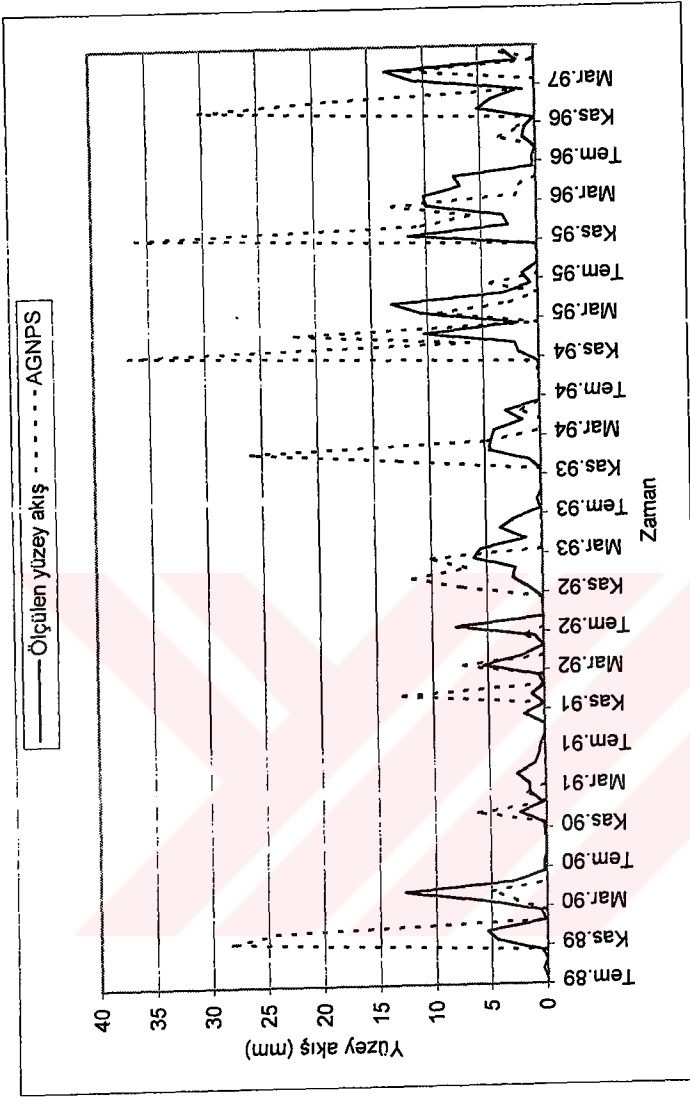
Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)				Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)			
				Yüzey akış		Akım					
				AGNPS	GLEAMS	AGNPS	SWRRB	AGNPS	GLEAMS	AGNPS	SWRRB
7/1994	7.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8/1994	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9/1994	1.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10/1994	52.3	0.09	0.09	1.01	0.59	1.16	1.16	0.92	0.50	1.07	1.07
11/1994	98.8	1.85	1.79	36.83	14.00	22.13	22.13	35.04	12.21	20.28	20.28
12/1994	27.1	3.20	2.14	6.30	7.52	0.15	0.15	4.16	5.38	-3.05	-3.05
1/1995	61.4	12.41	10.30	21.91	8.31	10.95	10.95	11.61	-1.99	-1.46	-1.46
2/1995	9.7	3.89	1.77	0.00	0.00	0.14	0.14	-1.77	-1.77	-3.75	-3.75
3/1995	114.0	12.33	10.33	8.94	0.28	14.70	14.70	-1.39	-10.05	2.37	2.37
4/1995	61.3	16.38	13.18	2.52	0.07	6.03	6.03	-10.66	-13.11	-10.35	-10.35
5/1995	28.2	5.51	3.21	0.00	0.00	0.32	0.32	-3.21	-3.21	-5.19	-5.19
6/1995	42.9	1.16	0.62	4.22	0.05	2.53	2.53	3.60	-0.57	1.37	1.37
7/1995	53.3	1.86	1.36	0.00	2.34	8.09	8.09	-1.36	0.98	6.23	6.23
8/1995	17.6	0.11	0.08	0.00	0.00	0.29	0.29	-0.08	-0.08	0.18	0.18
9/1995	11.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
10/1995	30.6	0.03	0.03	0.00	0.00	1.22	1.22	-0.03	-0.03	1.19	1.19
11/1995	118.0	15.73	11.61	36.01	9.71	24.34	24.34	24.40	-1.90	8.61	8.61
12/1995	38.9	6.73	2.61	10.39	20.66	4.46	4.46	7.78	18.05	-2.27	-2.27
1/1996	31.8	11.33	3.01	5.98	1.09	3.28	3.28	2.97	-1.92	-8.05	-8.05
2/1996	61.2	22.91	9.99	12.97	24.68	10.23	10.23	2.98	14.69	-12.68	-12.68

Çizelge 4.6. Aylık bazda elde edilen yüzey akış değerleri (Devam)

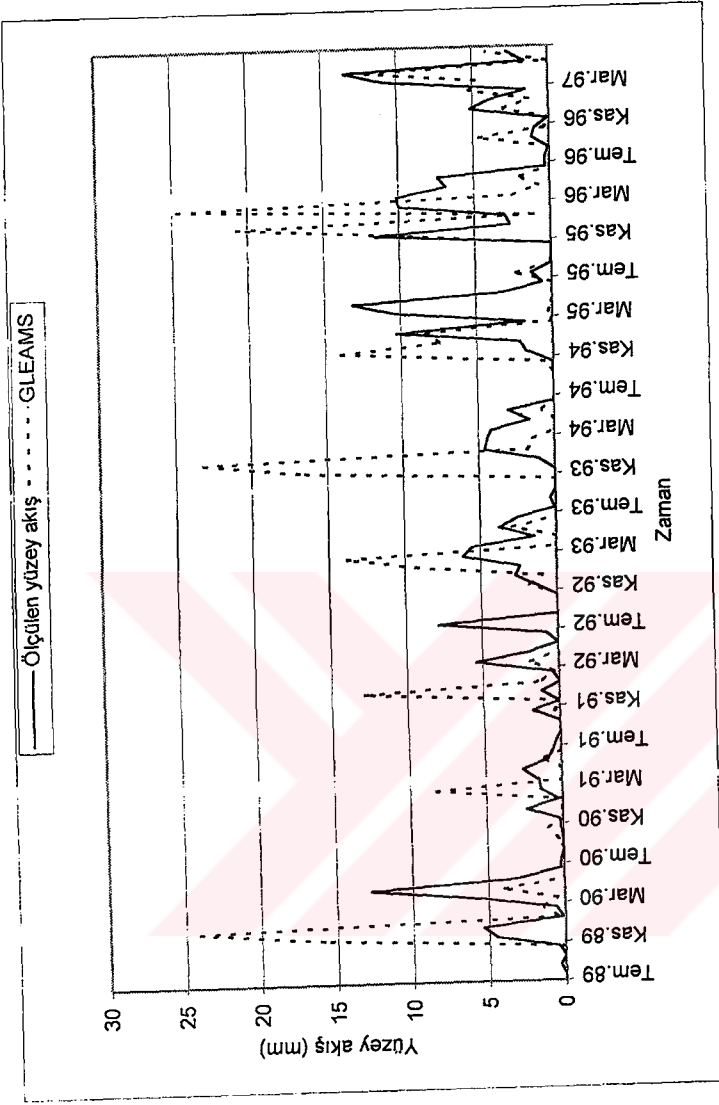
Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)		Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)			
				Yüzey akış		Akım	AGNPS	GLEAMS	SWRRB
				AGNPS	GLEAMS				
3/1996	71.8	38.59	10.12	1.95	2.46	6.54	-8.17	-7.66	-32.05
4/1996	41.6	40.46	6.88	1.45	0.81	2.31	-5.43	-6.07	-38.15
5/1996	99.2	21.49	7.39	0.00	1.90	6.44	-7.39	-5.49	-15.05
6/1996	6.0	7.85	0.28	0.00	0.00	0.00	-0.28	-0.28	-7.85
7/1996	8.0	2.27	0.33	0.00	0.00	0.00	-0.33	-0.33	-2.27
8/1996	29.0	0.09	0.07	0.00	0.00	1.08	-0.07	-0.07	0.99
9/1996	78.7	2.13	1.15	3.15	4.56	10.28	2.00	3.41	8.15
10/1996	61.4	1.64	0.99	1.51	0.45	1.61	0.52	-0.54	-0.03
11/1996	14.5	1.77	0.13	0.00	0.00	0.00	-0.13	-0.13	-1.77
12/1996	100.6	8.47	5.20	30.09	2.95	12.64	24.89	-2.25	4.17
1/1997	49.3	13.64	3.89	18.00	1.31	10.78	14.11	-2.58	-2.86
2/1997	21.3	8.77	1.48	0.00	5.22	1.06	-1.48	3.74	-7.71
3/1997	26.7	8.27	0.89	0.00	4.78	1.60	-0.89	3.89	-6.67
4/1997	123.2	49.42	13.46	11.58	11.99	24.66	-1.88	-1.47	-24.76
5/1997	44.8	29.65	1.54	0.00	0.08	1.75	-1.54	-1.46	-27.90
6/1997	62.8	13.13	2.70	3.34	4.02	10.05	0.64	1.32	-3.08
Toplam	3715.3	800.42	236.87	388.01	276.10	318.71	151.10	39.24	-481.71

Çizelge 4.7. Yıllık bazda elde edilen yüzey akış değerleri

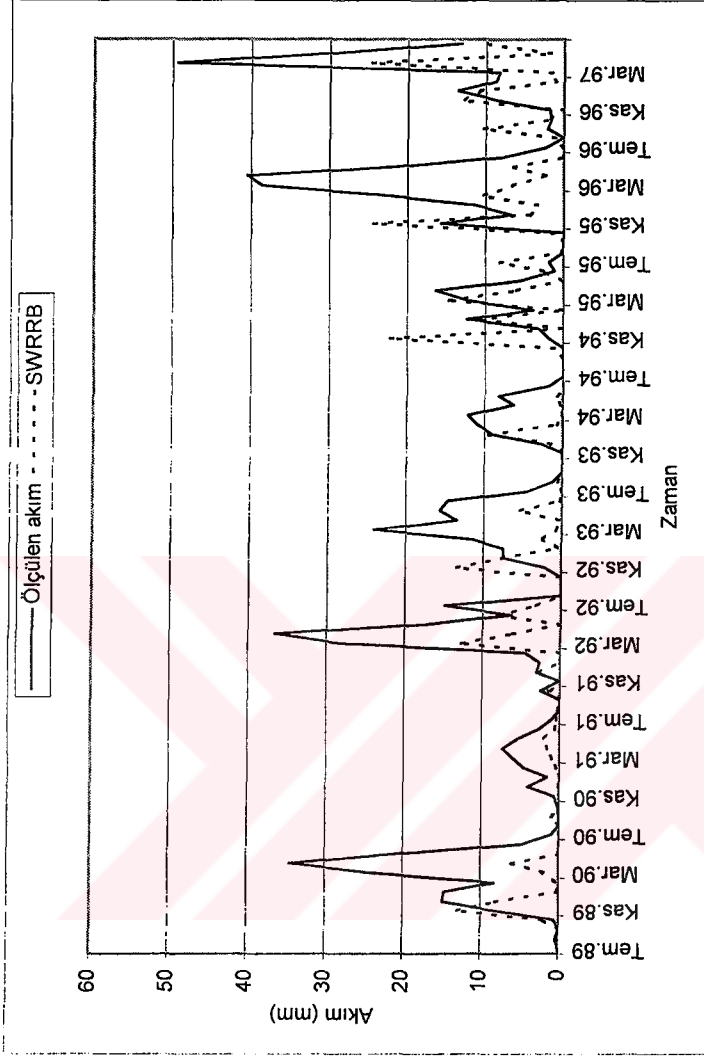
Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)		Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)		
				Yüzey akış	Akım	AGNPS	GLEAMS	SWRRB
1989	242.60	24.30	10.6	52.50	39.99	23.32	41.90	29.39
1990	362.70	114.53	25.21	13.66	7.65	9.72	-11.55	-17.56
1991	412.70	34.02	10.49	14.23	22.65	10.54	3.74	12.16
1992	417.30	120.37	20.59	27.70	6.04	51.08	7.11	-14.55
1993	351.80	95.64	23.45	29.52	65.88	11.81	6.07	42.43
1994	409.30	53.54	21.93	76.36	26.18	34.85	54.43	4.25
1995	587.02	76.14	55.1	83.98	41.41	73.08	28.88	-13.69
1996	603.80	159.00	45.54	57.10	38.90	54.41	11.56	-6.64
1997	328.10	122.88	23.96	32.92	27.40	49.90	-1.04	-6.56
Toplam	3715.32	800.42	236.87	387.97	276.10	318.71	151.10	39.23
Yıllık ortalama	464.42	100.05	29.61	48.50	34.51	39.84	18.89	4.90
								-60.21



Şekil 4.14. Aylık bazda ölçülen ve AGNPS ile tahmin edilen değerler



Şekil 4.15. Aylık bazda ölçülen ve GLEAMS ile tahmin edilen değerler



Şekil 4.16. Aylık bazda ölçülen ve SWRRB ile tahmin edilen değerler

Çizelge 4.8.'de olay, aylık ve yıllık bazda tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerden istatistik olarak farklı olup olmadığını saptamak amacıyla uygulanan t testi sonuçları, çizelge 4.9.'da 1989-1997 yılları aylık ortalama iklim ve yüzey akış değerleri, şekil 4.16.'da ise değişim grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.8. Olay, aylık ve yıllık bazda tahmin edilen değerlerin t testi sonuçları

Süre	Model	t	p	Stand. sapma	Varyant sayısı
olay	Ölçülen yüzey akış - AGNPS	-2.17	0.03	1.04	2922
	Ölçülen akım - SWRRB	10.55	0.00	0.72	2922
	Ölçülen yüzey akış - GLEAMS	-0.34	0.73	0.83	2922
aylık	Ölçülen yüzey akış - AGNPS	-1.75	0.08	8.13	96
	Ölçülen akım - SWRRB	4.21	0.00	5.36	96
	Ölçülen yüzey akış - GLEAMS	-0.60	0.55	5.73	96
yıllık	Ölçülen yüzey akış - AGNPS	-1.70	0.12	25.7	9
	Ölçülen akım - SWRRB	3.17	0.01	23.0	9
	Ölçülen yüzey akış - GLEAMS	-0.55	0.59	18.5	9

Çizelge 4.9. 1989-1997 yılları aylık ortalama iklim ve yüzey akış değerleri

Aylar	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	AGNPS	GLEAMS	SWRRB
I	31.90	9.10	2.97	9.84	2.92	4.38
II	26.43	9.42	4.35	3.64	6.89	1.94
III	46.36	19.31	5.33	2.59	1.24	4.91
IV	63.47	25.53	5.91	2.56	2.11	5.90
V	52.03	15.62	3.60	0.20	0.84	2.07
VI	32.59	6.55	0.66	1.13	0.52	2.70
VII	22.08	3.21	1.27	0.00	0.29	1.45
VIII	14.36	0.24	0.11	0.00	0.00	0.31
IX	16.10	0.27	0.15	0.39	0.61	1.42
X	42.35	0.65	0.31	0.31	0.30	0.96
XI	60.20	3.83	3.88	13.56	7.27	9.13
XII	56.56	6.32	2.52	14.27	11.53	4.68
Yıllık	464.42	100.05	29.61	48.50	34.51	39.84



Şekil 4.17. Aylık ortalama ölçülen ve tahmin edilen değerler

4.4. Sediment Miktarları

Yüzey akış miktarına benzer şekilde sediment ölçüm ve tahmin miktarla yıllık bazda çizelge 4.10.'da verilmiştir. Sadece toplam sedimer miktarlarının karşılaştırılması sonucu AGNPS ölçülen değerden 15.9 t/ha/yıl, SWRRB 16.03 t/ha/yıl ve GLEAMS ise 34.5 t/ha/yıl farklılık tahminde bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Yıllık bazda elde edilen sediment verim değerleri

Yıllar	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen sediment (t/ha)	Tahmin edilen değerler (t/ha)		
			AGNPS	SWRRB	GLEAMS
1989	242.60		22.41	2.85	1.83
1990	362.70		6.62	0.10	0.51
1991	412.70		5.47	5.60	0.47
1992	417.30		10.16	14.10	0.24
1993	351.80		11.32	1.11	2.24
1994	409.30		26.96	13.63	1.00
1995	587.02		33.07	63.92	2.21
1996	603.80		24.69	34.14	1.69
1997	328.10		18.42	22.92	0.44
Toplam	3715.32	286.67	159.12	158.37	10.63
Ortalama	464.42	35.83	19.89	19.80	1.33

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu bölümde tez çalışması sonucu elde edilen bulgular üzerindeki tartışma ve sonuçlara yer verilmiştir.

5.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Değerlendirilmesi

Tez çalışmasında, verinin eldesi ve modellere aktarılması sırasında kullanılan CBS teknolojisinin faydaları ve eksiklikleri aşağıda belirtilmiştir.

Topografik veri; yağış, yüzey akış ve sediment modelleri için oldukça önemlidir. Topografik verinin, 3 boyutlu dünyanın genellikle 2 boyutlu kağıt haritalarda belirli bir ölçekle ifade edilmeye çalışılmasının yanı sıra, modeller için gerekli olanların hesaplanmasının karmaşık olması nedeniyle elde edilmesi zor ve zaman alıcıdır. CBS kullanılarak bu problemler nispeten aşılabilmektedir. Topografik verilerden ilki olan havza sınırı ve alanı CBS kullanılarak otomatik olarak elde edilmiştir, elle hesaplanan 1 590.9 ha değerine karşılık ArcInfo ile 1 597.5 ha, Topaz ile 1 588.6 ha hesaplanmıştır. Aradaki % 0.415 ve % 0.145 farklılık kabul edilebilir düzeydedir. Benzer şekilde alt havza veya hücre bölümlenmesi de CBS kullanılarak otomatik, basit ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.

Çalışma alanında her bir hücre için alan, ortalama eğim, ortalama yükseklik, havza çıkışına olan uzaklık, yöney, akım uzunluğu, USLE LS katsayısı, Topaz ve ArcInfo kullanılarak klasik yöntemlere göre daha kolay ve hızlı olarak hesaplanmıştır.

Konuma bağlı olan arazi kullanım durumu ve toprak özellikleri gibi bilgiler her bir alt havza veya hücre için tek tek ele alınmış, o hücreyi temsil eden tek bir değer ArcInfo ile kolaylıkla elde edilmiştir.

AGNPS modeli, hücreye ilişkin pek çok veri istemesi nedeniyle topografik veri eldesinde ve modele girilmesinde kullanıcıyı oldukça zorlamaktadır. Çalışma havzasının 126 hücreye ayrılması ve her hücre için; akımın geldiği hücre, hücrenin ait olduğu alt havza, hücre alanı, ortalama yüksekliği, eğimi, yöneyi, LS katsayısı, akım uzunluğu, akım eğimi, konsantrasyonun başladığı eğim ve uzunluk verilerinin hesaplanması ve değerlerinin girilmesi oldukça zaman alıcıdır. Topaz ile AGNPS arasında otomatik veri aktarım özelliği olmadan gerekli bilgilerin doğru olarak hesaplanması ve modele girilmesi neredeyse imkansızdır.

CBS kullanımında en büyük problem basılı haritaların sayısal ortama aktarılmasıdır. Burada her eş yükseklik eğrisinin ve konumsal bilgilerin sayısallaştırılması için işgücü ve zaman gereklidir. İşgücü ve zaman kısıtı bulunduğu durumda haritaların sayısal ortamda temini mümkün olabilmektedir ancak bu durumda maliyet yükselmektedir.

CBS kullanımının bir diğer dezavantajı ise sistem kurulum maliyetinin oldukça yüksek olmasıdır. Tek bir çalışma için bir CBS oluşturulması ekonomik açıdan pek uygun görülmemektedir.

5.2. Modellere Veri Girişi ve Modelin Çalıştırılmasının Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan AGNPS; yüzey akış, sediment, pestisit, ve bitki besin maddesi konusunda sonuç verebilmektedir. Ancak kullanıcının istediği konuda sonuç almak için o konuya ait verileri girmesi yeterli olmaktadır. Sadece yüzey akış miktarı hesaplanmak istenildiğinde; gübreleme veya ilaçlama konularındaki alanların boş bırakılması modelin hata vermesine neden olmamaktadır.

SWRRB modelinde seçilen çıktı verisine bağlı olarak 13 ila 22 farklı veri girişi ekranında sonuç alınabilmektedir.

GLEAMS modeli ise diğer iki modelden farklı olarak veri girişi ve model çalıştırılması sırasında tek bir program yerine erozyon, hidroloji, bitki besin maddesi ve pestisit olmak üzere 4 farklı veri girdi ve işlem programına sahiptir. Hidroloji alt modülü kullanılmak zorundadır. Ancak diğer üç modülden istenilen kullanılabilir. Kullanılacak modülde gerekli olan veriler eksiksiz girilmelidir.

İstenilen modüllerin kullanılabilmesi, kullanıcının daha az veri ile istediğini elde etmesine olanak sağlamaktadır. Her üç modelde de uygulamaya yönelik örnek girdi veri dosyaları bulunmaktadır. Bu dosyalar olmadan ve içeriği incelenmeden modellere veri girilmesi ve modelin çalıştırılması oldukça zordur. Örnek dosyalar incelendikten sonra modele veri girilmesi; hangi verinin nelerle ilişkili olduğu ve nasıl kullanılacağı göstermesi açısından önemlidir.

Modellerde her bir hücre için tek bir arazi kullanma durumu, toprak ve hidrolojik özellik (doymun iletkenlik, kum, kil, silt oranı, SCS eğri no vb.) belirlenmesi, hali hazırdaki durumun modele tam doğru olarak aktarılmasını önlemektedir. Ancak AGNPS modelinde hücre büyüklüklerinin 0.09- 48.4

ha arasında değişmesi nedeniyle büyük bir problem yaratmazken, en çok 10 alt havzaya izin verilen SWRRB modelinde kullanıcıyı kısıtlamaktadır.

AGNPS, SWRRB ve GLEAMS modellerinde veri girişi sırasında verinin belirli değerler arasında girilmesi program tarafından kontrol edilmekte, sınırlar dışında veri girilmesi durumunda kullanıcı uyarılmaktadır. Veri girişi bittikten sonra modelin çalıştırılması sırasında ise veriler arasındaki mantıksal ilişkiler kontrol edilmekte, hata var ise model durmakta ve kullanıcı uyarılmaktadır. Modellerdeki hata uyarıları bazen hatayı tam olarak açıklamamakta, bazen de model hiç bir hata mesajı vermediği halde çalışmamakta veya sonuç üretmemektedir. Bunun nedeni çok sayıda veri girilen programın her türlü olasılığın dikkate alınarak uzun testlerden geirilememesidir. Model geliştiriciler ve modeli bilgisayar ortamına aktaranlar genellikle muhtemel senaryolar üzerinde çalışıp, modeli bu durumlarda test etmektedirler. Çok farklı koşullarda model alışmayabilmektedir.

Her üç model de dünya çapında halen kullanılmakta hatta üniversiteleri ilgili birimlerinde ders olarak okutulmaktadır. Ancak GLEAMS modeli üzerinde çalışmalar tamamlanmış, geliştiricileri tarafından yenilenmeyeceği açıklanmıştır. SWRRB modelinin geliştiricileri ise daha gelişmiş bir model olan SWAT üzerine çalışmaktadır. AGNPS modeli ise halen geliştirilmektedir. İlgili birimlerde modelin farklı modülleri için detaylı kullanım kılavuzları ve veri sağlanması - girişi için ara programlar yazılmaktadır. Detaylar ve yeni bilgiler, programın internet sitesinde (www.sedlab.olemiss.edu) yayınlanmaktadır.

Çalışmada kullanılan modeller arasında en kapsamlı ve karmaşık olanı AGNPS'dir. AGNPS modeli, 32 farklı bölümde veri girişine imkan vermektedir. Bu durum modelin pek çok etkeni modellemeye dahil etmesini sağlarken kullanımı zorlaştırabilmektedir. SWRRB veri girişini bir sıraya koyduğu ve AGNPS'ye göre daha az veri istediği için kullanımı nispeten kolaydır. GLEAMS, üç model arasında en az veri isteyen modeldir. Ancak diğerlerine göre daha önce yazıldığı için gelişen bilgisayar teknolojisinin kolaylıklarından tam anlamıyla yararlanamamıştır.

AGNPS ve SWRRB modellerinde, veri dosyasında basit değişiklikler yapılarak farklı durumlarda sonucun nasıl değişeceği görülebilmektedir. GLEAMS modelinde ise bir parametreyi değiştirdikten sonra sonucu görmek için daha fazla işlem yapmak gereklidir.

Modellerin veri giriş ve çalışma işleminin yanısıra istedikleri verilerde de farklılık olabilmektedir. Örneğin SWRRB her bir alt havza için bitkili durum, bitkisiz durum ve ortalama olmak üzere üç farklı SCS eğri numarası isterken, GLEAMS sadece bir tane, AGNPS ise her bir tarımsal işlem sonrası (tohum yatağı hazırlama, ekim, hasat, sürüm vb) ayrı ayrı eğri numarası istemektedir.

5.3. Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yüzey akış model sonuçlarının özetlendiği çizelge 4.5'in incelenmesi sonucu modellerin düşük miktardaki yağışta hiç yüzey akış vermediği veya ölçülen değerden daha az tahminde bulunduğu, yüksek miktardaki yağışlarda ise ölçülen değerın üzerine çıktığı görülmektedir.

AGNPS modeli, seçilmiş 16 olayın özetlendiği çizelge 4.5.'de sadece 7 olay için yüzey akış olacağını tahmin ederken 8 yılda toplam 246.87 mm yüzey akış ölçülmüş ancak model 387.97 mm yüzey akış tahmininde bulunmuştur. Model, akış olacağını hesapladığı az sayıdaki olayda oluşandan daha fazla yüzey akış modellemektedir.

SWRRB modeli seçilen 16 olayın hepsinde akım olacağını hesaplamıştır. Ancak hesaplanan değerler düşük ölçümlerde yüksek, yüksek ölçümlerde düşüktür. Modelin seçilen her olayda akım hesaplaması diğer modellere göre daha doğru sonuç verdiğini göstermemekte, sadece yüzey akış yerine toplam akımı modellediği için her olayda akım modellemesinin sonucudur.

GLEAMS modeli ise, seçilen 16 olayın sadece 10 tanesinde yüzey akış olacağını hesaplamış, 8 yıllık toplam sürede ise oluşan yüzey akışa (246.87 mm) oldukça yakın bir tahminde (276.10 mm) bulunmuştur.

Her üç modelde, modelleme süresi için günlük iklim parametrelerini kullanıcıdan istedikleri için yüzey akış tahmininde önceki nem miktarı sonucu etkilemiştir. Örneğin 13 ağustos 1989 da 12.6 mm yağışın ardından 14 ağustos da 4.6 mm yağış düşmesi sonucu SWRRB ilk gün 0.13 mm tahminde bulunmuştur. Yakın miktarda yağışın olduğu 16-17 eylül 1989 da ise 4.2 mm yağışın ardında 13.7 mm yağış olmuş, model ilk gün 0.05 mm ikinci gün ise 1.11 mm ile ilk olaydan çok daha yüksek tahminde bulunmuştur. Ancak model tahminleri ile ölçülen değerler arasında benzerlik bulunmamaktadır.

Çalışma alanında 6 temmuz 1991 tarihinde 12.5 mm yağış sonrası 0.25 mm akım oluş, SWRRB 0.43 mm akım tahmin etmiştir. Yaklaşık olarak bir yıl sonra 12 mm yağışın olduğu 29 temmuz 1992 tarihinde ise 0.30 mm akım olmuş ve SWRRB 0.40 mm akım modellemiştir. Her iki olayında temmuz ayı için de olduğu dikkate alınırsa benzer yağış da hem havzanın hem de SWRRB'nin önceki olaya paralel sonuç verdiği durumlarda gözlenmiştir.

Bir başka ilginç durum ise 11-12 temmuz 1995 tarihinde gözlenmiştir. Olaydan önceki 3 günde toplam 12.2 mm yağış olmuş, 11 temmuzda 39.4 mm yağışa karşılık sadece 0.01 mm akım gözlenmiştir. 12 temmuzda ise 1.7 mm yağışa karşılık 0.47 mm akım gözlenmiştir. Bu tarihlerde her üç model de sadece 11 temmuz için sıfırdan farklı sonuç vermiştir.

Çizelge 4.6.'ya göre AGNPS modeli genellikle kasım, aralık, ocak ve şubat aylarında ölçülen miktarın çok üzerinde tahminde bulunmakta, temmuz ve ağustos aylarında neredeyse hiç akış hesaplamamaktadır. Bunun sebebi sözü geçen aylardaki yağış ve sıcaklık verileridir.

SWRRB modeli belirli aylarda yüksek değer hesaplamak yerine yıl boyunca, ancak ölçülen miktardan düşük değer tahmin etmektedir.

GLEAMS, AGNPS'ye benzer şekilde ancak genelde daha düşük değer tahmin etmiştir.

Modeller, önceki nem durumu ve yağış miktarı - şiddetine bağlı olmakla birlikte benzer koşullar için ay bazında farklı sonuçlar da verebilmektedir.

Örneğin şubat 1993 ile mart 1993'de sırasıyla 27.4 mm ve 28.3 mm yağış sonrası 11.55 ve 24.10 mm akım ölçülmüştür. Bunu karşılık AGNPS ilk ay 9.95, ikinci ay sıfır, SWRRB 2.4 den sonra 0.82 ve GLEAMS 13.82 den sonra sıfır mm tahminde bulunmuştur. Ölçülen değer ikinci ay artmasına rağmen, modellerin hepsinde düşmüştür.

Benzer şekilde kasım 1994 de 98.8 mm yağış sonrası 1.85 mm akım 1.79 mm, yüzey akış olmuştur. AGNPS 36.83 mm, SWRRB 22.13 mm, GLEAMS ise 14.0 mm sonuç tahmin etmiştir. Aralık 1996 da ise 100.6 mm yağış sonrası ise 8.47 mm akım, 5.20 mm yüzey akış ölçülmüştür. Modellerse sırasıyla 30.09, 12.64 ve 2.95 mm sonuç vermiştir.

Çizelge 4.7.'ye göre çalışma kapsamındaki 1989-1997 yılları arasında en fazla yağış 603.80 mm ile 1996 yılında, ardından 587.02 mm ile 1995

yılında gerçekleşmiştir. Akım dikkate alındığında 159 mm ile yine 1996 ilk sırada yer alırken, yüzey akış bakımından 55.1 mm ile 1995 yılı birinci sıraya yerleşmiştir. Yıllık değerler dikkate alındığında hem AGNPS hem de SWRRB modeli en yüksek tahmini 1995 yılı için (83.98 ve 73.08 mm) yapmışlardır. GLEAMS ise 1993 yılında (65.88 mm) en yüksek değere ulaşmıştır.

Ölçülen değerlere en yakın tahminler AGNPS'de 1997 yılında -1.04 mm, SWRRB'de 1989 yılında -0.98 mm ve GLEAMS'da 1994 yılında 4.25 mm hata ile yapılmıştır. En farklı tahminler ise sırasıyla 54.43 mm, -104.81 mm ve 42.43 mm dir (çizelge 4.7.).

Çizelge 4.9'daki uzun yıllar ortalama değerlerine göre en iyi tahmin 4.90 mm hata ile GLEAMS tarafından yapılmıştır. Ancak GLEAMS modelinde yıllar tek tek ele alındığında farklılık oldukça yüksektir.

En yağışlı ay olan nisan ayında ölçülen akım ve akış da en yüksek değerlere ulaşmıştır. AGNPS ve GLEAMS modelleri en yüksek tahminlere aralık ayında, SWRRB modeli ise kasım ayında ulaşmıştır. Modeller genellikle ölçülenden farklı sonuç vermesine rağmen, ocak ayında 2.97 mm yüzey akışa karşılık GLEAMS 2.92 mm, ekim ayında 0.31 mm'ye karşılık AGNPS 0.31 mm tahminde bulunarak çok yakın sonuç vermişlerdir (çizelge 4.9.).

Sediment değerlerinin özetlendiği çizelge 4.10'unun incelenmesinden ise AGNPS ve SWRRB'nin birbirine yakın sonuç verdiği, yıllık ortalama olarak hesaplanan değerden sırasıyla 15.94 ve 16.03 t/ha farklı tahminde bulundukları, GLEAMS'in ise sediment tahmininde ölçülen miktara göre oldukça düşük değerler tahmin ettiği görülmektedir.

Yıllık sediment ölçümlerinin mevcut olmaması nedeniyle tahmin edilen ile ölçülen yıllık sonuçların karşılaştırılması yapılamamıştır. AGNPS modeli 5.47 ile 33.07 t/ha/yıl, SWRRB 0.1 ile 63.92 t/ha/yıl, GLEAMS ise 0.24 ile 2.24 t/ha/yıl arasında sonuç vermiştir (çizelge 4.10.).

Yıllık değerler incelendiğinde; en düşük tahminin AGNPS tarafından 1991, SWRRB tarafından 1990 ve GLEAMS tarafından 1992 yılında yapıldığı görülmektedir. En yüksek tahminler ise AGNPS ve SWRRB tarafından 1995, GLEAMS tarafından 1993 yılında yapılmıştır. 1995 yılı sediment açısından GLEAMS'a göre en yüksek ikinci yıldır (çizelge 4.10.).

İstatistik testlerin sonuçlarının özetlendiği çizelge 4.8.'e göre % 95 güvenirlilik sınırına göre her üç modelde hem olay, hem aylık, hem de yıllık sonuçlara göre kabul edilebilir sonuç vermemektedir. T testi sonuçlarına göre AGNPS ve SWRRB modelleri gözlem süresi arttıkça (olay bazından yıllığa doğru) p değeri artmaktadır. GLEAMS modelinde ise en yüksek p değerine olay bazındaki teste ulaşılmakta, sonra yıllık, sonra aylık değerler gelmektedir.

Genel istatistik açısından % 95 güven sınırının altında sonuç veren tahminler red edilir ancak hidrolojik olaylar pek çok etmene bağlı olduğu için bu sınır nispeten daha düşük olabilmektedir.

5.4. Genel Değerlendirme

CBS, topografya ve konuma bağlı veri elde edilmesi ve düzenlenmesinde oldukça faydalı olmuştur. TOPAZ ilk sırada olmak üzere herhangi bir CBS programı kullanmadan AGNPS modelinin uygulanması mümkün değildir. Diğer modeller içinse çizelge 4.2 ve 4.3'de verilen verilerin eldesinde CBS kullanılmıştır.

Olay, aylık, yıllık ve uzun yıllar sonuçlarına göre hiçbir model ölçülen değerlere yakın veya paralel sonuç vermemiştir. Bazı zamanlarda oldukça yakın sonuç elde edilmesi t testi sonuçlarına göre tesadüf olarak yorumlanabilir. Test sonucuna göre yüzey akış olayında en sağlıklı sonucu GLEAMS modelinde olay bazında elde edilmiştir. AGNPS ve SWRRB modeli ise dikkate değer sonuç vermemektedir.

Havza içinde su, sediment ve bitki besin maddesi birikimi AGNPS modelinde diğer modellere göre daha doğru bir şekilde belirtilebilmektedir. SWRRB ve GLEAMS modellerinde bu birikimler genelleme ile modele dahil edilebilmektedir. Birikimin bir sonraki olay için kaynak teşkil edebileceği düşünülürse olayın önemi ortaya çıkmaktadır.

Sediment tahmininde ise GLEAMS ölçülen miktara göre en uzak tahmini yapmıştır. Diğer iki model birbirine oldukça yakın olmasına rağmen ölçülen değere nispeten uzak sonuç vermiştir.

Sediment tahmininde AGNPS ve SWRRB modelleri ortalama olarak 127.7 t/ha fark ortaya koymuşlardır. GLEAMS ise ölçülen değerinde sadece % 3.7'sini tahmin etmiştir.

Sonuç olarak kullanılan her üç model de yüzey akış ve sediment verim tahmininde başarılı olamamıştır. Ancak bu sonuç sadece Güvenç havzası için geçerlidir. Güvenç havzası, ortalama eğimin (% 21) yanı sıra sediment verimi de (35.83 t/ha/yıl) Yalçın (2001)'de verilen Türkiye ortalamasına göre (2.18 t/ha/yıl) oldukça fazla olan bir havzadır. Modeller universal olabilmesi için ortalama değerler çerçevesinde tahmin yapmak üzere programlanmıştır. Ortalama değerlerden çok farklı koşullarda farklı sonuç vermesi beklenir.

5.5. Öneriler

Coğrafi bilgi sisteminin bilgisayar donanım ve yazılımındaki gelişmelere bağlı olarak önümüzdeki yıllarda çok daha gelişeceği, kullanımının kolaylaşacağı, maliyetinin düşeceği ve hepsinin sonucu olarak kullanım alanının daha da yaygınlaşacağı aşikardır. Bu noktada yazılım geliştiriciler ile konu uzmanları disiplinlerarası bir çalışma ortamı oluşturarak havza yönetimi konusunda çalışmalar yapmalı, modellere veri sağlayacak programlar yazmalı veya var olan programlar geliştirilmelidir.

Hidroloji konulu modellerde öncelikle aşılması gereken iki ana nokta bulunmaktadır. Birincisi hidrolojik olayların esasları tam ve doğru olarak ortaya konulmasıdır. İkincisi ise bu esasların doğru şekilde bilgisayara aktarılmasını sağlamak, karmaşık işlemlerin basit ve temel verilerle hesaplanmasına olanak tanıyacak programların yazılmasıdır. Her iki aşama da zaman, emek, doğru ve hassas gözlemler ile gerçekleştirilebilir.

Modellerin Türkiye'deki geçerliliğinin belirlenebilmesi için benzer çalışmaların farklı büyüklük ve yerdeki havzalarda gerçekleştirilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

- Andraski, B.J., Daniel, T.C., Lowery, B. and Mueller, D.H. 1985. Runoff results from natural and simulated rainfall for four tillage systems. Transactions of the ASAE, 28 (4); 1219-1225.
- Anonim 1971. Sedimentation. Section 3, SCS national engineering handbook, Chapter 4-6, USDA, p. 4-54, 5-21, 6-19, USA.
- Anonim 1975. Sulama ve drenaj teknik lügatı. Uluslararası sulama ve drenaj komisyonu, Türk milli komitesi. 868 s., Ankara
- Anonim 1977. Procedure for computing sheet and rill erosion on project areas. USDA Technical Release no 51, 17 p., USA.
- Anonim 1978. Soil erosion by water. FAO land and water development series 7, 284 p., Italy.
- Anonim 1983. Türkiye'nin çevre sorunları. Türkiye çevre sorunları vakfı yayını, 336 s., Ankara.
- Anonim 1986. Urban hydrology for small watersheds. USDA Technical Release No 55, USA.
- Anonim 1988. Geographic information systems in FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Anonim 1993. World soil resources. An explanatory note on the FAO World Soil Resources map at 1:25 000 000 scale. World Soil Resources Reports No. 66, 65 p. Italy.
- Anonim 1995. Getting to know desktop GIS. ESRI, p. 1-128, USA.
- Apaydın, H., Öztürk, F. ve Sönmez, F.K. 1996. Sakarya ve Kızılırmak havzalarının sulama suyu kalitesi ve sediment verimlerinin CBS ortamında incelenmesi. Tarım-çevre ilişkileri sempozyumu, 13-15 Mayıs 1996, s.317-326, Mersin
- Arnold, J.G. and Williams, J.R. 1987. Validation of SWRRB-Simulator for water resources in rural basins. J. of Water Resources Planning and Management, 113 (2); 243-256.
- Arnold, J.G. and Williams, J.R. 1995. SWRRB A Watershed scale model for soil and water resources management. User manual, USA.
- Aronoff, S. 1989. Geographic information systems: A management perspective. p. 1-279, USA.
- Ascough II, J.C., Baffaut, C., Nearing, M.A. and Liu, B.Y. 1997. The WEPP watershed model: I. Hydrology and erosion. Transactions of the ASAE, 40 (4); 921-933.
- Atalay, İ. 1980. Türkiye ve dünya ana akarsularında taşınan yüzer haldeki sediment miktarları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26 (52); 5-33.

- Aybaş M.C. 1976. Beytepe kompleks havzasında sediment verim araştırmaları. Topraksu Genel Müdürlüğü Araştırma Raporu, 242-2/B 20 s., Ankara.
- Ayeti, A. 1995. Köprüçay havzası (Antalya) yağış - akım modeli. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Hacettepe Ün. Jeoloji Müh. Böl., 60 s., Ankara.
- Bakanoğulları, F, Albut, S. Ve Yüksel, A.N. 1997. Kırsal havzalarda su verimi tahmininde SWRRBWQ bilgisayar modelinin kullanımı. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, s.120-125, Bursa.
- Bank, E. 1994. Coğrafi bilgi sistemleri ders notları. Harita Genel Komutanlığı. 69 s. Ankara.
- Battany, M.C. and Grismer, M.E. 2000. Rainfall runoff and erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness. Hydrological Processes; 14 (7); 1289-1304.
- Bennett, H.H. 1939. Soil conservation. McGraw Hill Press, 993 p., USA.
- Bennett, H.H. 1955. Elements of soil conservation. McGraw Hill, 358 p., USA.
- Bhaskar, N.R., James, W.P. and Devulapalli, R.S. 1992. Hydrologic parameter estimation using geographic information system. J. of Water Resources Planning and Man., 118 (5); 492-513.
- Binger, R.L., Theurer F.D., Cronshey R.G. and Dardon R.W. 2001. AGNPS 2001 user manual, USA.
- Blaszczyński, J. 1992. Regional soil loss prediction using the RUSLE/GIS interface. Geographic information systems (GIS) and mapping - practices and standards (edited by Johnson, A. I.; Pettersson, C. B.; Fulton, J. L.). p. 122-131, USA.
- Bocco, G. and Valenzuela, C.R. 1988. Integration of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS. ITC Journal, (4); 309-319.
- Bradbury, P.A., Kirby, C. and White, W.R. 1994. CALSITE: a catchment planning tool for simulating soil erosion and sediment yield. Integrated river basin development, p. 243-256.
- Brooks, F.L., Turelle, J.W., Wischeimer W.H. and McCool D.K. 1975. Universal soil loss equation. Technical Notes Conservation Agronomy. No:32. 30 p., USA.
- Browne, T.J. 1995. The role of geographical information systems in hydrology. Sediment and Water Quality in River Catchments. Foster, I.D.L. (Ed.), p. 33-48. USA.
- Carter, M.R. 1993. Soil Sampling and methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science CRC Press, 823 p., USA.

- Cesur, D. 1996. Investigation of the effect of rainfall and basin characteristics on rainfall - runoff process with an experimental set up. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., 105 p., Ankara.
- Chaubey, I., Haan, C.T., Grunwald, S. and Salisbury, J.M. 1999. Uncertainty in the model parameters due to spatial variability of rainfall. *Journal of Hydrology*, 220; 48-61.
- Chen, X., Harman, W.L., Magre, M., Wang, E., Srinivasan, R. and Williams, J.R. 2000. Water quality assessment with agro-environmental indexing of non-point sources, Trinity River Basin. *Applied Engineering in Agriculture*; 16 (4); 405-417.
- Chung, S.W., Gassman, P.W., Kramer, L.A., Williams, J.R. and Gu, R. 1999. Validation of EPIC for two watersheds in southwest Iowa. *Journal of Environmental Quality*, 28 (3); 971-979.
- Cochrane, T.A. and Flanagan, D.C. 1999. Assessing water erosion in small watersheds using WEPP with GIS and digital elevation models. *Journal of Soil and Water Conservation*, 54 (4); 678-685.
- Çakmakçı, F. 1999. Akarçay havzası (Afyon) hidrojeolojik coğrafi bilgi sistemi. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Hacettepe Ün. Jeoloji Müh. Böl., 59 s., Ankara.
- Çanga, M.R. 1981. Bala Devlet Üretim Çiftliği topraklarının erozyon eğiliminin saptanması ve toprak koruma planının yapılması üzerinde bir araştırma, Doktora Tezi (basılmamış), 149 s., Ankara.
- DelRegno, K.J. and Atkinson, S.F. 1988. Nonpoint pollution and watershed management: a remote sensing and geographic information systems (GIS) approach. *Lake and Reservoir Management*, 4 (2); 17-25.
- Demirkıran, O. 1997. Ankara - Yenimahalle - Güvenç gölet havzası sediment verimi (Ara rapor 1989 - 1997). KHGM yayınları, 33 s., Ankara
- Denli, Ö. 1993. Ankara-Yenimahalle-güvenç havzası yağış karakteristikleri (Ara rapor 1984-1988). KHGM yayın no:183, Ankara.
- Denli, Ö. 1997a. Ankara - Yenimahalle - Güvenç havzası yağış ve akım karakteristikleri (Ara rapor 1984 - 1996). KHGM Yayınları, 129 s., Ankara
- Denli, Ö. 1997b. Ankara - Yenimahalle - Güvenç havzası yağış ve akım karakteristikleri (1996 su yılı). KHGM Yayınları, 29 s., Ankara

- DesConnets, J.C., Vieux, B.E., Cappelaere, B. and Delclaux, F. 1996. A GIS for hydrological modelling in the semi-arid, HAPEX-Sahel experiment area of Nigra, Africa. Transactions in GIS, 1 (2); 82-94.
- DeVantier, B.A. and Feldman, A.D. 1993. Review of GIS applications in hydrologic modeling. J. of Water Resources Planning and Management, 119 (2); 246-261.
- Dizdar, M.Y. 1981. Küçük akarsu havzalarında sediment hesaplanması. Topraksu yayınları, 55 s., Ankara
- Doğan, O. 1982. Ankara koşullarında universal denklem faktörleri. Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No: 82, Rapor No. 28, 78 s., Ankara.
- Doğan, O. ve Küçükçakar, N. 1996. Ankara yöresinde universal toprak kayıp eşitliği parametreleri. KHGM AAEM Genel Yayın No:199, 71 s., Ankara.
- Dönmez, N. 1974. Estimation of runoff from watershed parameters in upper Ceyhan basin. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., Ankara.
- Drungil, C.E.C., Geter, W.F., Shepherd, R.G. and Heatwole, C. 1995. Watershed scale water quality modeling in the NRCS HUWQ project. Water Quality Modeling: Proceedings of the International Symposium, Orlando, Florida, USA.
- Eash, D.A. 1994. A geographic information system procedure to quantify drainage-basin characteristics. Water Resources Bulletin, 30 (1); 1-8.
- Egemen, A. 1979. Estimation of sediment deposition in Seyhan reservoir. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., Ankara.
- Engel, B.A., Srinivasan, R., Arnold, J., Rewerts, C. and Brown, S.J. 1993. Nonpoint source (NPS) pollution modelling using models integrated with geographic information systems (GIS). Water Science and Technology, 28 (35); 685-690.
- Eren, D. 1988. Application of hydrologic modelling on watershed. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., 115 p., Ankara.
- Eren, T. 1997. Bir hidroloji sistemin coğrafi bilgi sistemi ile tanımlanması. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Hacettepe Ün. Jeoloji Müh. Böl., 60 s., Ankara.

- Erenbilge, T. 1996. Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak Denizli - Çürüksu havzasının hidrolojik modellenmesi. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Hacettepe Ün. Jeoloji Müh. Böl., 124 s., Ankara.
- Fatt C.S. 1985. Sediment problems and their management in Peninsular Malaysia, *Water International*, IWRA, 10 (1); 3-6.
- Fayos, C.B., Cases, A.C., Imeson, A.C., Soto, M.D.S. and Tiemessen, I.R. 1998. Spatial and short-term temporal variations in runoff, soil aggregation and other soil properties along a mediterranean climatological gradient. *Catena*, 33; 123-138.
- Fitzpatrick, F.A. and Knox, J.C. 2000. Spatial and temporal sensitivity of hydrogeomorphic response and recovery to deforestation, agriculture, and floods. *Physical Geography*, 21(2); 89-108.
- Flugel, W.A. 1995. Delineating hydrological response units by geographical information system analyses for regional hydrological modelling using PRMS/MMS in the drainage basin of the River Brol, Germany. *Hydrological Processes*. 1995, 9 (3-4); 423-436.
- Fournier, F. 1972. Avrupa iklim ve pedoloji şartlarında değişik bölgelerde toprakları korumanın şekilleri. Avrupa Konseyi Notları.
- Fox, D.M. and Bryan, R.B. 1999. The relationship of soil loss by interrill erosion to slope gradient. *Catena*, 38; 211-222.
- Freeman, W. and Fox, J. 1995. ALAWAT: a spatially allocated watershed model for approximating stream, sediment, and pollutant flows in Hawaii, USA. *Environmental Management*, 19 (4); 567-577.
- Funnpheng, P., Patinavin, S., Mekpaiboonwatana, S., Pramojanee, P. and Eiumnoh, A. 1991. Application of remote sensing and geographic information system for appraising soil erosion hazard. International workshop on conservation and sustainable development, 22-26 April, USA.
- Garbrecht, J., Martz, L., Syed, K.H. and Goodrich, D. 1999. Determination of representative catchment properties from digital elevation models. 1999 International Water Resources Engineering Conference, ASCE, August 8-12, Seattle, Washington.
- Garcia-Ruiz, J. M., Lasanta, T. and Alberto, F. 1997. Soil erosion by piping in irrigated fields. *Geomorphology*, 20; 269-278.

- Garg, P.K. and Harrison, A.R. 1992. Land degradation and erosion risk analysis in S.E. Spain: A geographic information system approach. *Catena*, 19 (5); 411-425.
- Gilley, J.E. and Finkner, S.C. 1985. Estimating soil detachment caused by raindrop impact. *Transactions of the ASAE*, 28; 140-146.
- Gilliland, M.W. and Baxter-Potter, W. 1987. A geographic information system to predict non-point source pollution potential. *Water Resources Bulletin*, 23 (2); 281-291.
- Gottschalk, L.C. 1964. Sedimentation. Part I, reservoir sedimentation, handbook of applied hydrology, Ed. V.T. Chow, Section 17-I, USA.
- Görcelioğlu, E. 1982. Türkiye’de akarsu havzalarının sediment verimlerini etkileyen başlıca iklim, akım ve havza özellikleri üzerine araştırmalar. İst.Üni. Orman Fak. Yayınları, İst. Üni. Yayın No. 2909, Orman Fak. Yayın No: 314, 144 s., İstanbul.
- Greene, R.G. and Cruise, J.F. 1995. Urban watershed modelling using geographic information system. *J. of Water Resources Planning and Management*, 121 (4); 318-325.
- Grunwald, S. and Norton, L.D. 1999. An AGNPS-based runoff and sediment yield model for two small watersheds in Germany. *Transactions of the ASAE*; 42 (6); 1723-1731.
- Guy, B.T., Dickinson, W.T. and Rudra, R.P. 1987. The roles of rainfall and runoff in the sediment transport capacity of interrill flow. *Transactions of the ASAE*, 30 (5); 1378-1366.
- Güçer, C. 1972. Yağışların erosif potansiyellerininin hesaplanması ve Türkiye yağışlarının erosif potansiyelleri. Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 118 s., Ankara.
- Güresinli, Y.Z. 1978. Tortum Gölü su toplama havzasında sedimentasyon sorunu ve kontrolü üzerinde bir araştırma, Doktora Tezi(basılmamış), Erzurum.
- Gürkan, N. 1976. General review of sedimentation in reservoirs and results of an experimental investigation. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., Ankara.
- Haan, A. 1979. Statistical methods in hydrology. Iowa State Un. Press. p.378, USA
- Hamlett, J.M., Miller, D.A., Day, R.L., Peterson, G.W., Baumer, G.M. and Russo, J. 1992. Statewide GIS-based ranking of watersheds for agricultural pollution prevention. *Journal of Soil and Water Conservation*. 47 (5); 399-404.

- Hatipoğlu, M.A. 1999. Hydrologic modelling of soil erosion and runoff using remote sensing and geographical information systems (GIS). 156 p. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., Ankara.
- He, C., Riggs, J.F. and Kang, Y. 1993. Integration of geographic information systems and a computer model to evaluate impacts of agricultural runoff on water quality. *Water Resources Bulletin*, 29 (6); 891-900.
- Hızalan, E. 1969. Toprak etüd ve haritalama I. Ankara Ün. Ziraat Fak. yayın no:379, 218 s., Ankara.
- Jager, S. and Rickson, R.J. 1994. Modelling regional soil erosion susceptibility using the Universal Soil Loss Equation and GIS. *Conserving soil resources: European perspectives. Selected papers from the First International Congress of the European Society for Soil Conservation* p. 161-177.
- Jeton, A.E. and Smith, J.L. 1993. Development of watershed models for two sierra nevada basins using a geographic information system. *Water Resources Bulletin*, 29 (6); 923-932.
- Jetten, V., Roo, A. and Favis-Mortlock, D. 1999. Evaluation of field-scale and catchment-scale soil erosion models. *Catena*, 37; 521-541.
- Johnson, B.E., Julien, P.Y., Molnar, D.K. and Watson, C.C. 2000. The two-dimensional upland erosion model CASC2D-SED. *Journal of the American Water Resources Association*, 36 (1); 31-42.
- Johnson, C.W., Gordon, N.D. and Hanson, C.L. 1985. Northwest rangeland sediment yield analysis by the MUSLE. *Transactions of the ASAE*, 28 (6); 1889-1895.
- Jurgens, C. And Fander, M. 1993. Soil erosion assessment and simulation by means of SGEOS and ancillary digital data. *International Journal of Remote Sensing*, 14 (15); 2847-2855
- Karabulut, A. 1998. Dağınık parametrelili hidrolojik modellemeye coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Hacettepe Ün. Jeoloji Müh. Böl., 104 s., Ankara.
- Karagöz, İ. 1989. Computerized processing of hydrometric data. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., 82 p., Ankara.
- Karaş, E. 1998. Kurukavak deresi havzasında su veriminin SWRRBWQ modeli ile belirlenmesi. II. Ulusal Hidroloji Kongresi. 22-24 Haziran 1998. s. 142-149. İstanbul.

- Karaş, E. 2000. SWRRB-WQ Kırsal havzalarda su dengesi ve sediment verimi modeli KHGM Yayınları (Basılmamış) 123 s., Eskişehir.
- Karnieli A. 1991. Stepwise overlay approach for utilizing a GIS with a soil moisture accounting model., ITC Journal. No. 1, 11-18.
- Karol, R.H. 1968. Toprağın mühendislik özellikleri. Topraksu Genel Müdürlüğü yayın no:213, 273 s., Ankara.
- Kim, K. and Ventura, S. 1993. Large-scale modeling of urban nonpoint source pollution using a geographic information system. PE&RS, 59 (10); 1539-1544.
- Kinnell, P.I.A. 2000. AGNPS-UM: Applying the USLE-M within the agricultural non point source pollution model. Environmental Modelling & Software, 15; 331-341.
- Kinnell, P.I.A. 2001. Slope length factor for applying the USLE-M to erosion in grid cells. Soil & Tillage Research, 58; 11-17.
- Klaghofer, E., Birnbaum, W. and Summer, W. 1993. Linking sediment and nutrient export models with a geographic information system. Application of geographic information systems in hydrology and water resources management [edited by Kovar, K. and Nachnebel, H. P.], p. 501-506 IAHS Publication No. 211. Wallingford, UK.
- Knisel, W.G. 1980. CREAMS A field scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems. Conservation research report no:26, 643 p., USA.
- Knisel, W.G. and Davis, F.M. 1999. GLEAMS, Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems Version 3.0 User Manual. Publication No. SEWRL-WGK/FMD-050199, revised 081500. 191 pp.
- Knisel, W.G. and Turtola, E. 2000. Gleams model application on a heavy clay soil in Finland. Agricultural Water Management, 43; 285-309.
- Kok, K., Clavaux, M.B.W., Heerebout, W.M. and Bronsveld, K. 1995. Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellite images and the CORINE database: a case study in Spain. ITC Journal, No. 3, p.217-228.

- Kosmas, C., Danalatos, N., Cammeraat, L.H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R., Gutierrez, L., Jacob, A., Marques, H., Martinez-Fernandez, J., Mizara, A., Moustakas, N., Nicolau, J.M., Oliveros, C., Pinna, G., Puddu, R., Puigdefabregas, J., Roxo, M., Simao, A., Stamou, G., Tomasi, N., Usai, D. and Vacca, A. 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29; 45-59.
- Köksan, A.D. 1995. Hydrological parameter estimation of upper Göksu river basin by Hec-1. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., Ankara.
- Köse, C. ve Akar, F. 1987. İkinci II gölet havzası sediment verim araştırması. Köy Hizmetleri G.M. yayın no:92, Tokat.
- Kramer, L.A., Burkart, M.R., Meek, D.W. and Jaquis, R.J. 1999. Field-scale watershed evaluations on deep-loess soils: II. Hydrologic responses to different agricultural land management systems. *Journal of Soil and Water Conservation*, 54 (4); 705.
- Krenitsky, E.C., Carroll, M.J., Hill, R.L. and Krouse, J.M. 1998. Runoff and sediment losses from natural and man-made erosion control materials. *Crop Science*, 38; 1042-1046.
- Kuhnle, R.A., Bingner, R.L., Foster, G.R. and Grissinger, E.H. 1996. Effect of land use changes on sediment transport in Goodwin Creek. *Water Resources Research*, 32 (10); 3189-3196.
- Kusumandari, A., Mitchell, B. 1997. Soil erosion and sediment yield in forest and forestry areas in West Java, Indonesia. *Journal of Soil and Water Conservation*. 52 (4); 376-380.
- La-Barbera, P., Lanza, L. and Siccardi, F. 1993. Hydrologically oriented GIS and application to rainfall-runoff distributed modelling: case study of the Arno basin. Application of geographic information systems in hydrology and water resources management [edited by Kovar, K. and Nachnebel, H. P.]. p.171-179 IAHS Publication No. 211. Wallingford, UK.
- Larson, C.L. and Albertin, W. 1984. Controlling erosion and sedimentation in the Panama Canal watershed. *Water International, IWRA*, 9 (4); 161-164.
- Leipnik, M.R., Kemp, K.K. and Loaiciga, H.A. 1993. Implementation of GIS for water resources planning and management. *J. of Water Resources Planning and Management*, 119 (2); 184-205.

- Lenzi, M.A. and Luzio, M.D. 1997. Surface runoff, soil erosion and water quality modelling in the Alpone watershed using AGNPS integrated with a geographic information system. *European Journal of Agronomy*, 6; 1-14.
- Leon, L.F., Soulis, E.D., Kouwen, N. and Farquhar, G.J. 2001. Nonpoint source pollution: A distributed water quality modeling approach. *Water Resources*, 35 (4); 997-1007.
- Leonard, R.A., Knisel, W.G. and Still, D.A. 1987. Gleams: Groundwater loading effects of agricultural management systems. *Transactions of the ASAE*, 30 (5); 1403-1418.
- Lisle, I.G., Rose, C.W., Hogarth, W.L., Hairsine, P.B., Sander, G.C. and Parlange, J.Y. 1998. Stochastic sediment transport in soil erosion. *Journal of Hydrology*, 204; 217-230.
- Liu, B.Y., Nearing, M. A., Baffaut, C. and Ascough II, J.C. 1997. The WEPP watershed model: III. Comparisons to measured data from small watersheds. *Transactions of the ASAE*, 40 (4); 945-952.
- Lo, K.F.A. 1994. Quantifying soil erosion for the Shihmen reservoir watershed, Taiwan. *Agricultural Systems*, 45 (1); 105-116.
- Lo, K.F.A. 1995. Erosion assessment of large watersheds in Taiwan. *Journal of Soil and Water Conservation*, 50 (2); 180-183.
- Lo, S.S. 1992. Glossary of hydrology. 1794 p., WRP, USA.
- Ma, Q.L., Wauchope, R.D., Hook, J.E., Johnson, A.W., Truman, C.C., Dowler, C.C., Gascho, G.J., Davis, J.G., Sumner, H.R. and Chandler, L.D. 1998. GLEAMS* Opus, and PRZM-2 model predicted versus measured runoff from a coastal plain loamy sand. *Transactions of the ASAE*, 41 (1); 77-88.
- Maidment, D.R. 1992. Handbook of hydrology. Ch. 17. Statistical treatment of hydrologic data, McGraw Hill, p.17.1, USA.
- Maidment, D.R. 1996. GIS and hydrologic modeling - An assessment of progress. Third International Conference on GIS and Environmental Modeling, January, 22-26, Santa Fe, Mexico.
- Martz, L.W. and Garbrecht, J. 1993. Automated extraction of drainage network and watershed data from digital elevation models, *Water Resources Bulletin*, 29 (6), 901-908.
- McCool, D.K., Brown, L.C., Foster, G.R., Mutchler, C.K. and Meyer, L.D. 1987. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation. *Transactions of the ASAE*, 30 (5); 1387-1396.

- Mellerowicz, K.T., Rees, H.W., Chow, T.L. and Ghanem, I. 1994. Soil conservation planning at the watershed level using the Universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies; a case study. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49 (2); 194-200.
- Menenti, M., Simonovic, S.P., Kundzewicz, Z., Rosbjerg, D. and Takeuchi, K. 1995. Analysis of regional water resources and their management by means of numerical simulation models and satellites in Mendoza, Argentina. Modelling and management of sustainable basin scale water resource systems. Proceedings of an international symposium held at Boulder, Colorado, 1-14 July, 1995. p.49-59, USA.
- Meriç, B.T. 1997. Yeraltı suyu akım modellemesinde coğrafi bilgi sisteminin kullanımı. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Hacettepe Ün. Jeoloji Müh. Böl., 98 s., Ankara.
- Mertdoğan, S. 1982. Toprak mekaniği laboratuvarı el kitabı. Topraksu Genel Müdürlüğü yayın no:713, 212 s., Ankara.
- Merzi, N. Altınbilek, D. Şorman, A.Ü., Usul, N., Kutoğlu, Y., Gökmen, Ç., Aktaş, M.T. ve Çelenk, E. 1999. Mogan havzasında taşkın hidrografi saptanmasında coğrafi bilgi sistemleri'nden (cbs) yararlanılması, TÜBİTAK / YDABÇAG 200, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Su Kaynakları Laboratuvarı, ODTÜ, Ankara.
- Mitchell, J.K., Engel, B.A., Srinivasan, R. and Wang, S.S.Y. 1993. Validation of AGNPS for small watersheds using an integrated AGNPS/GIS system. *Water Resources Bulletin*, 29 (5); 833-842.
- Molnar, D.K. and Julien, P.Y. 1998. Estimation of upland erosion using GIS. *Computers & Geosciences*, 24 (2); 183-192.
- Montas, H. and Madramootoo, C.A. 1992. A decision support system for soil conservation planning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 7 (3); 187-202.
- Munsuz, N. 1985. Toprak mekaniği ve teknolojisi. Ank. Ün. Ziraat Fak. yayın no:922, 448 s., Ankara.
- Murty, C. and Venkatachalam, P. 1992. Delineation of erosion cells in a watershed using GIS. *Journal of Environmental Management*. 36 (3); 159-166.

- Muzik, I. and Chang, C. 1993. Flood simulation assisted by a GIS. Application of geographic information systems in hydrology and water resources management [edited by Kovar, K.; Nachnebel, H. P.], p. 531-540 IAHS Publication No. 211. Wallingford, UK.
- Nagasawa, R. 1999. Estimation of soil erosion volume in the Nan Province, North Thailand using GIS-USLE. Journal of the Japan Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 38 (6); 24-33.
- Narayana, D.V.V. and Babu, R. 1983. Estimation of soil erosion in India. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 109 (4); 419-434.
- Nearing, M.A. 1998. Why soil erosion models over-predict small soil losses and under-predict large soil losses. Catena, 32; 15-22.
- Okman, C. 1978. Su depolama yapılarında çökelme hızının saptanması. Topraksu Teknik Dergisi, 49; 138- 142.
- Okman, C. 1994. Hidroloji. Ankara Ün. Ziraat Fak. Yayın no 1388, 359 s., Ankara
- Okman, C. 1998. Zemin mekaniği. Ankara Ün. Ziraat Fak. yayın no:1502, 271 s., Ankara.
- Oslin, A.J., Westsmith, R.A. and Morgan, D.S. 1988. STREAMS: a basin and soil erosion model using CADD remote sensing and GIS to facilitate watershed management. ASAE Publication, No. 07 88, 470-477.
- Özsaraçoğlu, Z. 1991. Hydrologic modelling for Güvenç basin. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., 99 s., Ankara.
- Öztürk, F. 1985. Su toplama havzalarında meydana gelen sediment miktarının saptanmasında kullanılan yöntemlerin Ova çayı Eybek havzasında uygulanması ve karşılaştırılması. Ankara Ün. Doktora Tezi (basılmamış), 120 s., Ankara.
- Öztürk, F. 1992. Su toplama havzalarında akarsular ile taşınan sediment miktarı. IV. Ulusal Tarımsal yapılar ve Sulama kongresi, 24-26 Haziran, s. 596-607, Erzurum.
- Öztürk, F. 1996. Suspended sediment yields of rivers in Turkey. Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives, IAHS Publ. No:236. p. 65-71.
- Öztürk, F. 1997. Sakarya havzasında akarsu debisi ile sediment miktarı arasındaki ilişkiler. Ankara Ün. Ziraat Fak. yayın no: 1489, 98 s., Ankara.

- Öztürk, F. ve Girgin, N.B. 1987. Radyo izotopların tarımsal hidrolojide kullanılması - Kurs notları. 19-22 ekim 1987, Ankara Nükleer Tarım Araştırma Merkezi, Bölüm 6, s. 78-110. Ankara.
- Öztürk, F. ve Okman, C. 1987. Su toplama havzalarında meydana gelen sediment miktarının saptanmasında kullanılan yöntemlerin Ova çayı Eybek havzasında uygulanması ve karşılaştırılması. Ankara Ün. Ziraat Fak. Yıllığı, 37 (2); 138-148.
- Öztürk, F. ve Okman, C. 1988. Su toplama havzalarının sediment iletim oranının bulunması. III.Ulusal Kültürteknik kongresi, 20-23 eylül, s.761-769, İzmir.
- Öztürk, F., Apaydın, H. and Walling, D.E. 2001b. Suspended sediment loads through flood events for streams of Sakarya river basin. TUBITAK Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 25(6):643-650, Ankara.
- Öztürk, A., Sönmez, K. ve Apaydın, H. 2001a. Yüzey akış miktarının bilgisayar ortamında belirlenmesi. 1. Ulusal Sulama Kongresi, bildiriler kitabı ek s., 380-387, 8-11 Kasım 2001, Antalya
- Perrone, J. and Madramootoo, C.A. 1999. Sediment yield prediction using AGNPS. Journal of Soil and Water Conservation, 54 (1); 415.03
- Poiani, K.A. and Bedford, B.L. 1995. GIS-based nonpoint source pollution modeling: Considerations for wetlands. J. of Soil and Water Conservation, 50 (6); 613-619.
- Preti, F.1992. Distributed modeling of agricultural nonpoint pollution at the basin or watershed scale:A case study for a hilly zone in Centrol Italy. p. 379-396. Advances in distributed hydrology, WRP pub. 416 p., Ed. Rosso R., Peano A., Becchi I., Bempored G.A., USA.
- Reed, L.A. 1976. Hydrology and sedimentation of Bixler Run Basin Central Pennsylvania. Sedimentation in Small Drainage Basin, Geological Survey Water Supply Pater 1798- N, U.S. Government Printing Office, Washington, 20 p. USA.
- Reyes, M.R. and Cecil K.D. 1997. Comparing GLEAMS, RUSLE, EPIC and WEPP soil loss predictions with two years of observed data. An ASAE Meeting Presentation, Paper no: 972120, USA.
- Rode, M. and Frede, H.G. 1997. Modification of AGNPS for agricultural land and climate conditions in central Germany. Journal of Environmental Quality, 26 (1); 165-172.
- Ross, M.A. and Tara, P.D. 1993. Integrated hydrologic modeling with geographic information systems. J. of Water Resources Planning and Management, 119 (2); 129-139.

- Rossouw, N. J. 1997. Mapping vegetation and erosion changes on the northern slopes of Table Mountain using multi-temporal aerial photography and GIS, 1944-1992. *South African Geographical Journal*, 79 (2); 136-146.
- Rudra, R.P., Dickinson, W.T. and Wall, G.J. 1985. Application of CREAMS model in southern Ontario conditions. *Transactions of the ASAE*, 28 (4); 1233-1240.
- Sarbanoglu, H. 1989. Coğrafi bilgi sistemleri. *Harita dergisi*, 56, (103):20-33, Ankara.
- Sasowsky, K.C., Gardner, T.W., 1991. Watershed configuration and geographic information system parameterization for SPUR model hydrologic simulations. *Water Resources Bulletin*. 27 (1); 7-18.
- Savabi, M.R., Flanagan, D.C., Hebel, B. and Engel, B.A. 1995. Application of WEPP and GIS-GRASS to a small watershed in Indiana. *J. of Soil and Water Conservation*, 50 (5); 477-483.
- Sayın, S. 1983. Eskişehir yöresi kuru tarım koşullarında bazı tarımsal uygulamaların su erozyonuna etkileri. *Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları No 58*, 100 s., Tokat.
- Schulze, F., Loercher G. and Hinderer, M.. 1999. Comparison of measured and simulated sediment yield for two Alpine catchments (Bavaria, Germany) using GIS. *Tuebinger Geowissenschaftliche Arbeiten. Reihe A, Geologie, Palaeontologie, Stratigraphie*, 1999, Vol. 52, pp. 204-205; .
- Sevinç, A.N. 1985. Dutluca I gölet havzası sediment verim araştırması. *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayın no:193*, Eskişehir.
- Sevinç, A.N. 1990. Eskişehir - Sivrihisar - Mercan köyü Yağlı göleti havzası sediment verimi araştırması. *KHGM yayın no:214*, Eskişehir.
- Shih, S.F. 1990. Satellite data and geographical information system for rainfall estimation. *J. of Irrigation and Drainage Engineering*, 116 (3); 319-331.
- Shih, S.F. and Jordan, J.D. 1993. Use of Landsat thermal-IR data and GIS in soil moisture assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 119 (5); 868-879.
- Simons, D.B. and Şentürk, F. 1992. Sediment transport technology. WRP, USA.
- Srinivasan R. and Engal, B.A. 1994. A spatial decision support system for assessing agricultural nonpoint source pollution. *Water Resources Bulletin*, 30(3), 441-452.

- Srinivasan, R., Engel, B.A., Wright, J.R., Lee, J.G. and Jones, D.D. 1994. The impact of GIS-derived topographic attributes on the simulation of erosion using AGNPS. *Applied Engineering in Agriculture*, 10 (4), 561-566.
- Srinivasan, R., Ramanarayanan, T., Arnold, J. and Bednarz, S. 1996. Simulation of hydrology and erosion in a Texas watershed using SWAT. *Hydrology in the humid tropic environment, proceedings of the international symposium, Jamaica, Nov. 17-23, 1996*. IAHS-AISH publication, 1998, Vol. 253, pp. 175-183.
- Steiner, F.R. and Douglas A. O. 1988. Landscape planning: a working method applied to a case study of soil conservation. *Landscape Ecology* 1 (4); 213-226.
- Stuebe, M.M. and Johnston, D.M. 1990. Runoff volume estimation using GIS techniques. *Water Resources Bulletin*, 26 (4); 611-620.
- Subramanian, V. 1982. Erosion and sediment yield in the Krishna River Basin India. IAHS Publication, No. 137: 193-198. USA.
- Suwanwerakamtorn, R. 1994. GIS and hydrologic modelling for the management of small watersheds. *ITC Journal*, No. 4, p.343-348.
- Şahin, Ş. ve Barış, E. 1996. Erozyon riski taşıyan alanların coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla analiz ve değerlendirmesine ilişkin bir yöntem. *Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu*, 13-15 Mayıs, s.695-704, Mersin.
- Şorman, A.A. 1999. A remote sensing and geographic information systems approach in hydrologic modeling A case study. 181 p. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., Ankara.
- Tachikawa, Y., Shuba, M. and Takasao, T. 1994. Development of a basin geomorphic information system using a TIN-DEM data structure. *Water Resources Bulletin*, 30 (1); 9-17.
- Takken, I., Beuselinck, L., Nachtergaele, J., Govers, G., Poesen, J. and Degraer, G. 1999. Spatial evaluation of a physically-based distributed erosion model (LISEM). *Catena*, 37; 431-447.
- Taştan, H. 1991. Coğrafi bilgi sistemleri, bir coğrafi bilgi sisteminin (AKBİS) tasarımı ve gerçekleştirilmesi. Yüksek lisans tezi (basılmamış), İTÜ, İstanbul.
- Tim, U.S. and Jolly, R. 1994. Evaluating agricultural nonpoint-source pollution using integrated geographic information systems and hydrologic/water quality model. *Journal of Environmental Quality*, 23(1), 25-35.

- Tim, U.S., Jolly, R. and Liao, H.H. 1995. Impact of landscape feature and feature placement on agricultural non-point-source-pollution control. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 121 (6); 463-470.
- Tim, U.S., Mostaghimi, S. and Shanholtz, V.O. 1992. Identification of critical nonpoint pollution source areas using geographic information systems and water quality modeling. *Water Resources Bulletin*, 28 (5); 877-887.
- Tong, S.L. 1992. muRAISON: geographic information system for water sources classification and management. *International Journal of Water Resources Development*, 8 (3); 175-181.
- Valero-Garces, B.L., Navas, A., Machin, J., Walling, D. 1999. Sediment sources and siltation in mountain reservoirs; a case study from the central Spanish Pyrenees. *Geomorphology*, 28 (1-2); 23-41.
- Vargas, M.T., Lopez, M.T., Stone, J.J., Mota, J.L.O. and Valle, M.V. 2001. Tillage system effects on runoff and sediment yield in hillslope agriculture. *Field Crops Research*, 69; 173-182.
- Vieux, B.E. 1991. Geographic information systems and non-point source water quality and quantity modelling. *Hydrological Processes*, 5; 101-113.
- Vieux, B.E. and Needham, S. 1993. Nonpoint-pollution model sensitivity to grid-cell size. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 119 (2); 141-157.
- Vieux, B.E. Le-Dimet, F. and Armand, D. 1998. Optimal control and adjoint methods applied to distributed hydrologic model calibration. *Proceeding of the IV World Congress on Computational Mechanics*, Buenos Aires, 29 June - 2 July, 1-13. p., Argentina.
- Ward, A.D. and Elliot, W. 1995. *Environmental Hydrology*, CRC, New York.
- Warwick, J.J. and Haness, S.J. 1994. Efficacy of ARC/INFO GIS application to hydrologic modeling. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 120 (3), 366-381.
- Welch, R., Remillard, M., and Hatcher, K.J. 1991. Remote sensing/GIS for water resource management applications in the Southeast. *Proceedings of the 1991 Georgia Water Resources Conference: March 19-20, USA*.
- Williams, J.R. and Berndt, H.D. 1972. Sediment yield computed with Universal Equation. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, Vol. 98, No. HY12, Proc. Paper 129426; 2087- 2098. USA

- Williams, J.R. and Berndt, H.D. 1977. Determining the universal soil loss equation's length slope factor for watersheds. *Soil Erosion Prediction and Control*, SCS; 217- 225. USA
- Williams, J.R. and Berndt, H.D. 1977b. Sediment yield prediction based on watershed hydrology. *Transactions of the ASAE*, 1100-1104.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. *USDA Agriculture Handbook no:537*, USA.
- Woodward, D.E. 1999. Method to predict cropland ephemeral gully erosion. *Catena*, 37; 393-399.
- Wu, J. and Price, K.P. 1997. Evaluating soil properties of CRR land using remote sensing and GIS in Finney country, Kansas. *Journal of Soil and Water Conservation*, 52 (5); 352.
- Yalçın, E., Alışık, A., ve Gürbüz A. 2001. Türkiye akarsularında süspanse sediment gözlemleri. III Ulusal hidroloji kongresi, 27-29 Haziran 2001, s. 217-224, İzmir.
- Yalçinkaya, F. 1991. Reservoir sedimentation in Turkey. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., 303 p., Ankara.
- Yao, J. and Zhang, Y. 1999. Effects of watershed reclamation on inflow and sediment load in the Fenhe Reservoir. *International Journal of Sediment Research*, 14 (1) ; 46-52.
- Yener (Kurtoglu), A.G. 1994. Estimation of sediment yield rates of reservoirs in Turkey. Yüksek lisans tezi (basılmamış), ODTÜ İnşaat Müh. Böl., 128 p., Ankara.
- Young, A. 1991. *Agroforestry for soil conservation*. CAB International, Wallingford, UK.
- Young, R.A., Onstad, C.A., Bosch, D.D., Anderson, W.P. 1989. AGNPS: A nonpoint-source pollution model for evaluation agricultural watersheds. *J. of Soil and Water Conservation*, 44 (2); 168-173.
- Yurtsever, Y., Göksu, E., Alışık, A., ve Özenir, C. 1978. Türkiye akarsu havzalarının ortalama sediment verimi üzerine bir etüt ve bulunan sonuçlar. I. Ulusal Erozyon ve Sedimentasyon Sempozyumu, EİE İdaresi Genel Direktörlüğü, Yayın No. 78-34, 155 s., Ankara.
- Zhang, X.C., Nearing, M.A., Miller, W.P., Norton, L.D. and West, L.T. 1998. Modelling interrill sediment delivery. *Soil Science Society*, 62; 438-444.
- Zhu, A., Band, L., Vertessy, R. and Dutton, B. 1997. Derivation of soil properties using a soil land inference model (SoLIM). *Soil Science Society of America Journal*, 61 (2); 523-533.

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta, lise öğreniminden sonra 1988-1992 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nde lisans öğrenimini tamamladı. 1992-93 eğitim yılında Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü hazırlık sınıfında İngilizce eğitimi gördükten sonra yüksek lisans eğitimine başladı. Aynı yıl bilgisayar programcısı kursuna katılarak sertifika almaya hak kazandı. Ocak 1994 tarihinde Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nde açılan araştırma görevlisi kadrosuna atandı. Eylül 1995 tarihinde yüksek lisans tezini vererek doktora öğrenimine başladı. Ocak 1995 tarihinde Harita Genel Komutanlığı’nca düzenlenen *Coğrafi Bilgi Sistemleri* kursuna, Şubat - Mart 1997 arasında Telaviv – İsrail’de düzenlenen *Protected Cultivation of High Value Crops* isimli kursa katıldı. Halen aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmakta olup evli ve bir çocuk babasıdır.