

Yüzey Akış ve Sediment Modellerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Uygulanması*

Halit APAYDIN¹

Fazlı ÖZTÜRK¹

Geliş Tarihi: 10.05.2002

Özet: Bu çalışmada, dünyada yaygın şekilde kullanılan yağış - yüzey akış - erozyon modellerinden olan AGNPS, SWRRB ve GLEAMS'ın CBS yardımıyla uygulanışı, 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 464.4 mm yağış sonucu 100.0 mm akım, 29.6 mm yüzey akış olmuştur. SWRRB 39.8 mm akım, AGNPS 48.5 mm, GLEAMS 34.5 mm yüzey akış olacağını tahmin etmiştir. Yıllık ortalama sediment verimi 3.6 t/ha olan havzada AGNPS modeli ortalama 19.9 t/ha (en az 5.5, en fazla 33.0 t/ha), SWRRB modeli ortalama 19.8 t/ha (en az 0.1, en fazla 63.9 t/ha), GLEAMS modeli ise ortalama 1.3 t/ha (en az 0.2, en fazla 2.2 t/ha) sonuç vermiştir.

Anahtar Kelimeler: yüzey akış, erozyon, sediment miktarı, AGNPS, SWRRB, GLEAMS, CBS, Güvenç Havzası

Application of Runoff and Sediment Yield Models by Geographic Information System

Abstract: 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 464.4 mm annual rainfall, 100.0 mm flow and 29.6 mm runoff was occurred, but SWRRB 39.8 mm flow, AGNPS 48.5 mm and GLEAMS 34.5 mm runoff modelled. Although annual average sediment yield of watershed was calculated as 3.6 t/ha, AGNPS modelled as 19.9 t/ha, (min. 5.5, max. 33.0 t/ha), SWRRB 19.8 t/ha (min. 0.1, max. 63.9 t/ha) and GLEAMS 1.3 t/ha (min. 0.2, max. 2.2 t/ha).

Key Words: runoff, erosion, sediment, AGNPS, SWRRB, GLEAMS, GIS, Güvenç Watershed

Giriş

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. Havzadan yüzey akışla birlikte toprak ve bitki besin maddesi taşınmakta ve taşınan bu maddeler su biriktirme yapılarının haznesinde ölü hacmin dolmasına ve su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Yerleşim veya sanayinin yoğunlukta olduğu havzalarda kirlilik kaynağı olarak kentsel veya endüstri atıklarının 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 (Knisel 1980, Okman 1994)

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 elde edilmesi 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.

Modelleme çalışmasının temelinde; (1) karmaşık ve etkileşimli olayların temel veriler yardımıyla ifade edilmek istenmesi, (2) bütün ölçümlerin yapılmadığı alanlarda

* Doktora Tezi'nden hazırlanmıştır

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Ankara

İstenilen 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 (Knisel 1980, Arnold ve Williams 1995).

Ülkemizde yağış-yüzey akış, noktasal kaynaklı olmayan kirliliğin modellenmesi çalışmaları bilgisayar modellerinin geliştirilmesi ve ülkemize gelmesiyle son birkaç yılda hız kazanmıştır. Bu noktadaki sorun 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.

Materyal ve Yöntem

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. Havza çıkış noktasının yüksekliği 1 053 m, koordinatları 42° 08' 00" kuzey enlemi, 32° 45' 15" doğu boylamıdır (Denli 1997).

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.

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. Havzanın %12.6'sı (2.03 km²) orta eğimde, 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 uğramıştır. Havza topraklarının % 8.9'u orta derin, %44.4'ü sıgı ve %46.7'si de çok sıgıdır. Havzanın %32.9'u nadaslı kuru tarım arazisi, %51.2'si zayıf bitki örtülü mera, % 15.9'u bağ-bahçedir. Güvenç 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 yapılmıştır (Denli 1997, Demirkıran 1997).

Araştırmada kullanılan ölçülmüş yağış, akım, yüzey akış ve sediment verileri Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden elde edilmiştir (Denli 1997).

1989 ve 1997 yıllarında yapılan çalışmalarla hazinenin dip haritası çıkarılmış, 8 yılda biriken sediment hacmi 335 474 m³ olarak bulunmuştur. Sediment tutma yapılarının arkasında biriken sediment miktarının (1938 m³) eklenmesiyle Güvenç havzası sediment verimi 42 176 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. 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 elde edilmiştir (Demirkıran 1997).

Laboratuvar çalışmaları: Kullanılacak modellerde gerekli olan toprak bilgileri için havzadan alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde; bünye, tarla kapasitesi, solma noktası, birim hacim ağırlık, doymun iletkenlik ve organik madde miktarı Karol (1968), Hizalan (1969), Mertdoğan (1982), Munsuz (1985), Carter (1993) ve Okman (1998)'de belirtilen yöntemlere göre belirlenmiştir.

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 geliştirilen, tek bir olaydaki yüzey akış (akımdan, taban akışın ayrılmış miktar), sediment ve kimyasal madde taşımını benzeşim yöntemiyle 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. 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 ve ark. 1989). Modelin AnnAGNPS (Annualized Agricultural Non-point Source Pollution Model) sürümü ile tek bir olayın simülasyonundan yıllık-sezonluk simülasyona geçilmiştir. Modelde yüzey akış miktarı SCS Eğri Numarası yöntemiyle hesaplanırken pik debi TR-55, sediment miktarı RUSLE'yle hesaplanmaktadır (Binger ve ark. 2001).

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. Hidroloji alt modeli su dengesi eşitliğine dayanır. Modelde sediment verimi, her bir alt havza için MUSLE ile hesaplanır (Arnold ve Williams 1987, Arnold ve Williams 1995, Karas 2000).

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 modellemede 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 Yeraltısıyu Birikim Etkileri) adı verilmiştir (Leonard ve ark. 1987, Knisel and Davis 1999).

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.

GLEAMS modelinde yüzeysel akış SCS eğri numarası yöntemi ile hesaplanır. Kaybedilen toprak miktarı USLE, sediment birikimi Yalin eşitliği ile hesaplanmaktadır (Knisel 1980).

İstatistiksel analiz: Modeller tarafından tahmin edilen yüzeysel 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).

Bulgular ve Tartışma

CBS ortamında elde edilen veriler: Bu araştırmanın 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 bağımlı 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 aktarılmıştır. Topaz grid veri kullandığı için; vektör veri 15 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik verisine dönüştürülmüştür. Daha sonra havza ve alt havza sınırları topografya ve su ayırım çizgileri dikkate alınarak her iki program yardımıyla oluşturulmuştur. Sayısal yükseklik verisi yardımıyla her iki CBS programı da kullanılarak havzaya ait akım, yöney ve 3 boyutlu yükseklik haritaları elde edilmiştir.

KHGM'den elde edilen 1/25 000 ölçekli arazi kullanım ve büyük toprak grupları haritaları sayısallaştırılarak alt havzalarla yapılacak konumsal analiz için hazırlanmıştır.

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

AGNPS modelinde kullanılan veriler: AGNPS model havzayı topografyayı temel alarak hücrelere (alt havzalara) ayırdıktan sonra her bir hücreye ait iklim, toprak, arazi kullanımı ve bitki özelliklerinin girilmesini istemektedir.

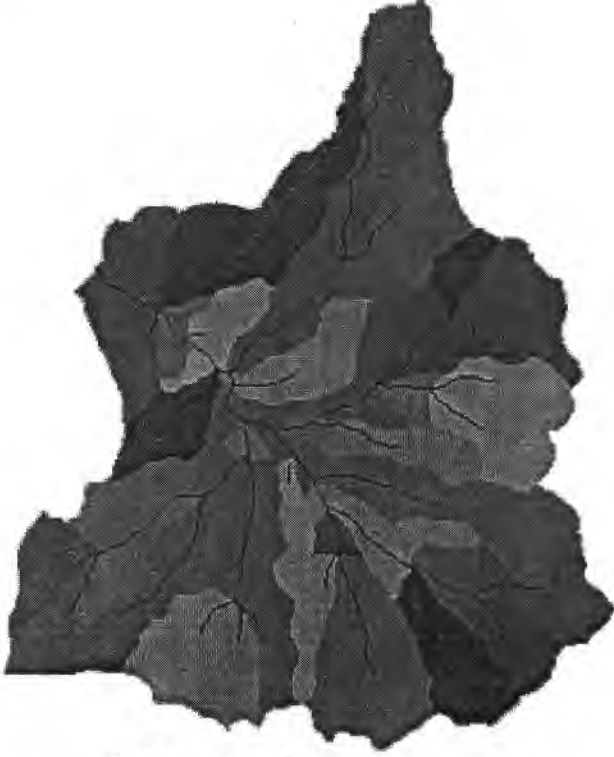
Topaz programı ile AGNPS modeli arasında otomatik veri aktarma özelliği bulunması nedeniyle Topaz programında üretilen alt havza bölümlenmesi AGNPS modeline aktarılmıştır. Topaz programı havzayı 52 alt havzaya ayırmıştır (Şekil 1). Ayrıca akımın başladığı her bir alt havza; kaynak, sol ve sağ bölümler olarak yeniden 3 parçaya ayrılmıştır. Dolayısıyla bütün havza toplam 126 hücreye ayrılmıştır (Şekil 2). Alt havza bölümlenmesinin 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, yöneyi, topografik katsayı, 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 çakıştırılarak genelleştirilmesinden elde edilmiştir.

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 2000). Bu nedenle TOPAZ programında elde edilen 52 alt havza birleştirilerek önce 10 alt havzaya düşürülmüş (Şekil 3), model içinde alt havzalarda toprak ve arazi kullanım durumları tanımlanmıştır.

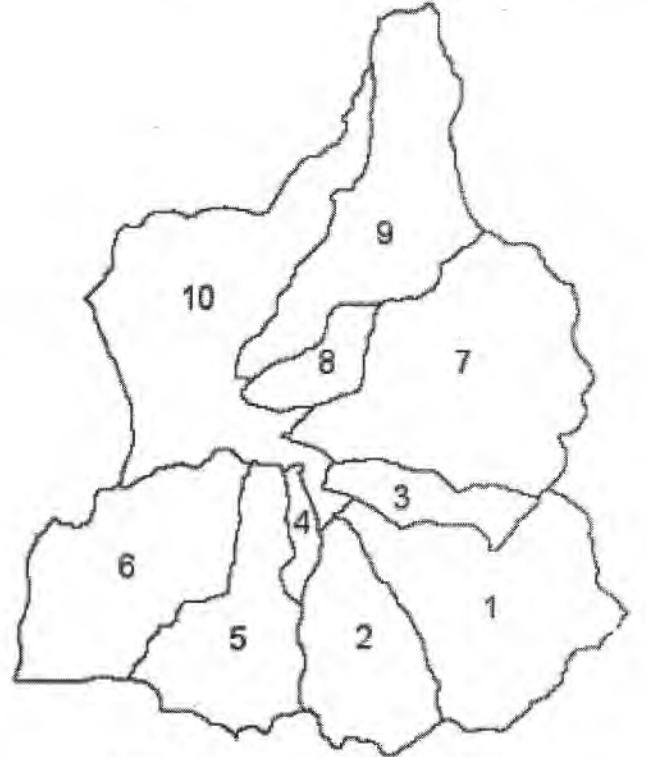
CBS yardımıyla alt havza katmanı; arazi kullanım ve toprak haritaları ile çakıştırılarak her bir alt havzadaki bitki örtüsü ve toprak bilgisi elde edilmiştir. Ayrıca kanal uzunluğu, kanal eğimi, eğim derecesi, havza çıkışına uzaklık, ana kanal uzunluğu gibi bilgiler de elde edilmiştir.

GLEAMS modelinde kullanılan veriler: GLEAMS modeli, havzayı topografya temel alınarak alt havzalara ayırdıktan sonra; toprak, iklim, arazi kullanım ve bitki özelliklerinin girilmesini istemektedir. Modeller arasındaki değerlendirilmenin daha kolay yapılabilmesi için; havza, SWRBB modelinde olduğu gibi 10 alt havzaya ayrılarak çözüme gidilmiştir. Ayrıca kanal eğimi, alt havza büyüklüğü, ana kanal uzunluğu gibi bilgiler de elde edilmiştir.

Yüzeysel akış miktarları: Modeller yüzeysel akış miktarını olay bazında, günlük, aylık veya yıllık olarak hesaplayabilmektedir. Ancak su biriktirme yapısının inşaa edildiği 1984 yılından itibaren yağış ve yüzeysel akış verisi



Şekil 1. Havzanın 52 alt havzaya ayrılması



Şekil 3. Havzanın 10 alt havzaya ayrılması



Şekil 2. Havzanın 126 hücreye ayrılması

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 tahmin çalışmaları yapılmıştır.

Çizelge 1'de verilen aylık yüzey akış sonuçlarına göre 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 800.4 mm akım, 236.9 mm yüzey akış ölçülmüş, AGNPS 151.1 mm farkla 388.0 mm yüzey akış, SWRRB - 481.7 mm farkla 318.7 mm akım, GLEAMS ise 39.2 mm farkla 276.10 mm yüzey akış tahmininde bulunmuştur.

8 yıllık ortalamaya göre 464.4 mm yağış sonrası 100.0 mm akım, 29.6 mm yüzey akış olmuş (Denli 1997); AGNPS 48.5, GLEAMS 34.5 mm yüzey akış, SWRRB 39.8 mm akım olacağını tahmin etmiştir.

Çizelge 2'de olay, aylık ve yıllık bazdaki yağış olaylarında tahmin edilen değerlerin ölçülen değerlerden istatistik olarak farklı olup olmadığını saptamak amacıyla uygulanan t testi sonuçları, 1989-1997 yılları aylık ortalama yüzey akış değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 1. Aylık ve yıllık bazda gözlenen yağış, akım, yüzey akış ve tahmin edilen yüzey akış, akım 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			
7/1989	10.0	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	-0.34	-0.34	-0.30
9/1989	2.5	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	-0.44	-0.44	1.46
11/1989	105.5	8.32	4.44	28.27	15.91	12.97	23.83	11.47	4.65
12/1989	57.7	14.92	5.38	24.24	24.08	8.13	18.86	18.70	-6.79
1989	242.60	24.30	10.8	52.50	39.99	23.32	41.90	29.39	-0.98
1/1990	3.1	14.66	0.15	0.00	0.61	0.03	-0.15	0.46	-14.63
2/1990	24.7	8.31	0.54	0.00	1.33	0.48	-0.54	0.79	-7.83
3/1990	26.4	24.73	5.41	2.64	0.51	1.90	-2.77	-4.90	-22.83
4/1990	89.0	34.45	12.74	4.91	3.94	6.02	-7.83	-8.80	-28.43
5/1990	33.7	21.53	3.13	0.00	0.00	0.01	-3.13	-3.13	-21.52
6/1990	11.8	4.84	0.22	0.00	0.00	0.00	-0.22	-0.22	-4.84
7/1990	13.0	1.04	0.23	0.00	0.00	0.00	-0.23	-0.23	-1.04
8/1990	8.2	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.04
9/1990	29.1	0.06	0.04	0.00	0.31	1.03	-0.04	0.27	0.97
10/1990	44.9	0.22	0.13	0.00	0.91	0.05	-0.13	0.78	-0.17
11/1990	14.7	0.62	0.22	0.00	0.00	0.00	-0.22	-0.22	-0.62
12/1990	64.1	4.03	2.38	6.11	0.04	0.20	3.73	-2.34	-3.83
1990	362.70	114.53	25.21	13.66	7.65	9.72	-11.55	-17.56	-104.81
1/1991	11.8	1.63	0.28	0.00	0.00	0.00	-0.28	-0.28	-1.63
2/1991	28.7	4.60	1.39	1.57	8.28	0.41	0.18	6.89	-4.19
3/1991	18.7	5.96	1.49	0.00	0.00	1.00	-1.49	-1.49	-4.96
4/1991	67.1	7.30	2.58	0.00	0.04	1.53	-2.58	-2.54	-5.77
5/1991	52.8	5.30	0.91	0.00	1.07	1.85	-0.91	0.16	-3.45
6/1991	33.2	2.60	0.56	0.00	0.02	0.63	-0.56	-0.54	-1.97
7/1991	21.4	1.05	0.34	0.00	0.00	0.44	-0.34	-0.34	-0.61
8/1991	19.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.31
9/1991	3.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10/1991	68.5	2.53	1.78	0.00	0.43	1.36	-1.76	-1.33	-1.17
11/1991	21.8	0.05	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.18
12/1991	66.2	3.00	1.18	12.65	12.81	2.78	11.47	11.63	-0.22
1991	412.70	34.02	10.49	14.23	22.65	10.54	3.74	12.16	-23.48
1/1992	0.3	2.64	0.00	0.00	1.08	0.00	0.00	1.08	-2.64
2/1992	5.7	4.42	0.48	0.00	0.39	0.00	-0.48	-0.09	-4.42
3/1992	69.0	28.36	5.43	7.18	1.85	12.61	1.75	-3.58	-15.75
4/1992	58.0	36.52	1.95	0.00	0.00	6.09	-1.95	-1.95	-30.43
5/1992	10.3	17.65	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	1.78
7/1992	55.9	14.90	7.84	0.00	0.00	3.09	-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
9/1992	2.6	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	0.15
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
1992	417.30	120.37	20.59	27.70	6.04	51.08	7.11	-14.55	-69.29
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	0.02	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	-0.01	16.84	-0.19
12/1993	58.9	2.79	1.12	12.72	23.19	1.44	11.60	22.07	-1.35
1993	351.80	95.64	23.45	29.52	65.88	11.81	6.07	42.43	-83.83
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
7/1994	7.4	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
9/1994	1.7	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	0.92	0.50	1.07
11/1994	98.8	1.85	1.79	36.83	14.00	22.13	35.04	12.21	20.28
12/1994	27.1	3.20	2.14	6.30	7.52	0.15	4.16	5.38	-3.05
1994	409.30	53.54	21.93	76.36	26.18	34.85	54.43	4.25	-18.69

Çizelge 1 (Devam). Aylık ve yıllık bazda gözlenen yağış, akım, yüzey akış ve tahmin edilen yüzey akış, akım değerleri

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen akım (mm)	Ölçülen yüzey akış (mm)	Tahmin edilen değerler (mm)			Ölçülen ile tahmin arasındaki fark (mm)		
				Yüzey akış			AGNPS	GLEAMS	SWRRB
				AGNPS	GLEAMS	SWRRB			
1/1995	61.4	12.41	10.30	21.91	8.31	10.95	11.61	-1.99	-1.46
2/1995	9.7	3.89	1.77	0.00	0.00	0.14	-1.77	-1.77	-3.75
3/1995	114.0	12.33	10.33	8.94	0.28	14.70	-1.39	-10.05	2.37
4/1995	61.3	16.38	13.18	2.52	0.07	6.03	-10.66	-13.11	-10.35
5/1995	28.2	5.51	3.21	0.00	0.00	0.32	-3.21	-3.21	-5.19
6/1995	42.9	1.16	0.62	4.22	0.05	2.53	3.60	-0.57	1.37
7/1995	53.3	1.86	1.36	0.00	2.34	8.09	-1.36	0.98	6.23
8/1995	17.6	0.11	0.08	0.00	0.00	0.29	-0.08	-0.08	0.18
9/1995	11.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
10/1995	30.6	0.03	0.03	0.00	0.00	1.22	-0.03	-0.03	1.19
11/1995	118.0	15.73	11.61	36.01	9.71	24.34	24.40	-1.90	8.61
12/1995	38.9	6.73	2.61	10.39	20.86	4.46	7.78	18.05	-2.27
1995	587.02	76.14	55.1	83.98	41.41	73.08	28.88	-13.69	-3.06
1/1996	31.8	11.33	3.01	5.98	1.09	3.28	2.97	-1.92	-8.05
2/1996	61.2	22.91	9.99	12.97	24.88	10.23	2.98	14.69	-12.68
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
1996	603.80	159.00	45.54	57.10	38.90	54.41	11.56	-6.64	-104.59
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
1997	328.10	122.88	23.96	32.92	27.40	49.90	-1.04	-6.56	-72.98
Toplam	3715.3	800.42	236.87	388.01	276.10	318.71	151.10	39.24	-481.71
Yıllık ortalama	464.42	100.05	29.61	48.50	34.51	39.84	18.89	4.90	-60.21

Çizelge 2. 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 3. 1989-1997 yılları aylık ortalama yağış 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

Sediment miktarları: Yüzey akış miktarına benzer şekilde sediment ölçüm ve tahmin miktarları yıllık bazda Çizelge 4'de verilmiştir. Sadece toplam sediment miktarlarının karşılaştırılması sonucu AGNPS ölçülen değerden 15.94 t/ha/yıl, SWRRB 16.03 t/ha/yıl ve GLEAMS ise 34.5 t/ha/yıl farklılıkla tahminde bulunmuştur.

Sonuç

Coğrafi bilgi sisteminin değerlendirilmesi: Topografik veri; yağış, yüzey akış ve sediment modelleri için oldukça önemlidir. Topografik verinin, 3 boyutlu dünyanın genellikle 2 boyutlu kağıt haritalarda belirli bir ölçekte 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. 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.

Çalışma alanında her bir hücre için alan, ortalama eğim, ortalama yükseklik, havza çıkışına olan uzaklık, yöney, akım uzunluğu, USLE'deki 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.

Modellerin ve sonuçlarının 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 giriş 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 girişi 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.

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.

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.

Yüzey akış model sonuçlarının incelenmesi sonucu modellerin düşük miktardaki yağışta hiç yüzey akış vermediği veya ölçülen değerden daha az tahminde bulunduğu, yüksek miktardaki yağışlarda ise ölçülen değerlerin üzerine çıktığı görülmüştür.

Çizelge 4. Yıllık bazda elde edilen sediment verim değerleri

Yıllar	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen sediment (t/ha)	Tahmin edilen sediment değerleri (t/ha)		
			AGNP S	SWRR B	GLEAM S
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

AGNPS modeli genellikle kasım, aralık, ocak ve şubat aylarında ölçülen miktarın üzerinde tahminde bulunmakta, temmuz ve ağustos aylarında neredeyse hiç yüzey akış hesaplanmamaktadır. Bunun sebebi sözlü 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.

Her üç modelde, modelleme süresi için günlük iklim parametrelerini kullanıcıdan istedikleri için yüzey akış tahmininde önceki nem miktarı sonucu etkilemiştir.

Çizelge 1'deki 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.

İstatistik testlerin sonuçlarının özetlendiği Çizelge 2'ye göre %95 güvenirlilik sınırına göre her üç modelde yağış olaylarında aylık ve 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. GLEAMS modelinin olay bazında en yüksek p değerini vermesi, bireysel yüzey akış olaylarını daha iyi tahmin ettiğinin, yıllık bazda ise daha kötü tahminde bulunduğunun göstergesidir.

Sediment değerlerinin özetlendiği Çizelge 4'ün 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 buldukları, 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).

Yıllık değerler incelendiğinde; en düşük tahmin 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).

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 için gereksinim duyulan pek çok verinin 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.

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 ve ark. (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 geliştirilmiştir. Ortalama değerlerden çok farklı koşullarda farklı sonuç vermesi beklenir.

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

Kaynaklar

- Arnold, J. G. and J. R. Williams, 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 J. R. Williams, 1995. SWRRB A watershed scale model for soil and water resources management. User manual, USA
- Binger, R. L., F. D. Theurer, R. G. Cronshey and R. W. Dardon, 2001. AGNPS 2001 User Manual, USA
- Carter, M. R. 1993. Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science, CRC Press, 823 p., USA.
- Demirkıran, O. 1997. Ankara-Yenimahalle-Güvenç Gölet Havzası Sediment Verimi (Ara Rapor 1989-1997). KHGM Yayınları, 33 s., Ankara
- Denli, Ö. 1997. Ankara Yenimahalle-Güvenç Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri (Ara Rapor 1984-1996). KHGM Yayınları, 129 s., Ankara
- Haan, A. 1979. Statistical Methods in Hydrology. Iowa State Un. Press. p.378, USA.
- Hızalan, E. 1969. Toprak Etüd ve Haritalama I. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 379, 218 s., Ankara.
- Karaş, E. 2000. SWRRB-WQ Kırsal Havzalarda Su Dengesi ve Sediment Verimi Modeli. KHGM Yayınları (Basılmamış) 123 s., Eskişehir.
- Karol, R. H. 1968. Toprağın Mühendislik Özellikleri. Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayın No:213, 273 s., Ankara
- 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 F. M. Davis, 1999. GLEAMS, Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems Version 3.0 User Manual. Publication No. SEWRL-WGK/FMD-050199, revised 081500. 191 pp.
- Leonard, R. A., W.G. Knisel and D. A. Still, 1987. Gleams: Groundwater loading effects of agricultural management systems. Transactions of the ASAE, 30 (5) 1403-1418.
- Maidment, D. R. 1992. Handbook of hydrology. Ch. 17. Statistical Analysis of Hydrologic Data, McGraw Hill, p.17.1, USA.
- Mertođan, S. 1982. Toprak Mekaniđi Laboratuarı El Kitabı. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayın No:713, 212 s., Ankara
- Munsuz, N. 1985. Toprak Mekaniđi ve Teknolojisi. Ankara. Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 922, 448 s., Ankara.
- Okman, C. 1998. Zemin Mekaniđi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 1502, 271 s., Ankara.
- Yalçın, E, A. Alışık ve A. Gürbüz, 2001. Türkiye akarsularında süspanse sediment gözlemleri. III Ulusal Hidroloji Kongresi, 27-29 Haziran 2001, s. 217-224, İzmir.
- Young, R. A., C. A. Onstad, D. D. Bosch and W. P. Anderson, 1989. AGNPS:A nonpoint-source pollution model for evaluation agricultural watersheds. J. of Soil and Water Conservation, 44 (2) 168-173.
-
- İletişim adresi:
Halit APAYDIN
Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Ankara
Tel: 0 312 317 05 50/1769
Fax: 0 312 317 41 90
E-mail: apaydin@agri.ankara.edu.tr