

Kurukavak Deresi Havzasında YüzeY Akış ve Sediment Miktarının AGNPS Modeli ile Tahmini*

Fazlı ÖZTÜRK¹ F. Kemal SÖNMEZ¹ Y. Ersoy YILDIRIM¹ İlhami BAYRAMIN²
Halit APAYDIN¹ Ertuğrul KARAS³

Geliş Tarihi: 09.11.2002

Özet: Bilecik ili Pazaryeri ilçesi Küçükemalı, Güde ve Bahçesultan köyleri arazisi içerisinde bulunan Kurukavak deresi su toplama havzasında 1994-1996 yılları verileri ile yürütülen araştırmada yüzeY akış ve sediment miktarı AGNPS modeli yardımıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla havzaya ait; topografya, bitki örtüsü, toprak, arazi kullanımı ve iklim verileri toplanmış, daha sonra bu veriler coğrafi bilgi sistemi ortamına aktarılarak AGNPS modeli için gerekli analizler yapılmıştır. Eldé edilen harita, tablo ve bireysel verilerle yapılan yüzeY akış tahminleri ölçülen değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma alanındaki 1994-1996 yılları arasındaki 15 farklı yağış olayından seçilen 8 olaya göre; model değerlerinin gözlem değerleri üzerine etkinliği % 25, belirleme katsayısı 0.43 olarak bulunmuştur. Kolmogrov-Smirnov testine göre; P= 0.98, Khikare testi sonucu $\chi^2_{n=}$ 0.83 olarak bulunduğundan gözlem ve model değerlerinin homojen olduğu başka bir deyimle aynı popülasyona ait olup model değerlerinin gözlem değerlerini temsil edebileceği kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: yüzeY akış, erozyon, sediment miktarı, AGNPS, Kurukavak havzası

Prediction of Runoff and Sediment Yield by Using AGNPS Model

Abstract: In this study, runoff depth and sediment quantities were predicted using AGNPS model with the input data for the years of 1994, 1995 and 1996 for Kurukavak creek watershed located within the boundaries of Küçükemalı, Güde and Bahçesultan villages of Pazaryeri town of Bilecik. The watershed topography, crop cover, soil, land use and climate data were gathered and data were transferred to geographic information system. In the geographic information system the necessary analysis of the data for the AGNPS model were performed. The estimated values were compared to the measured runoff depth. Based on 8 events selected from 15 different storms for the years 1994, 1995 and 1996, effectiveness of the model predictions were determined as 25 %, and determination coefficient was found to be 0.43. Since P value of Kolmogrov-Smirnov test was P:0.98 and Khikare value was $\chi^2_{n=}$ 0.83, it was thought that the model and observation values were homogeneous and belong to same population and model values could represent the observation values.

Key Words: runoff, erosion, sediment, AGNPS, Kurukavak watershed

Giriş

Günümüzde hızla artan dünya nüfusuna karşılık doğal kaynaklar artmamakta aksine çeşitli nedenlerle azalmakta veya kalitesi bozulmaktadır. Örneğin drenaj sorunu ve çoraklaşma nedeniyle her yıl dünyada 200 000 hektar tarım arazisi kaybedilmektedir. Su ve toprak, sonlu kaynaklardan olup bunlar üzerinde talebin artması, yerel ve uluslararası boyutta sorunlara neden olabilmektedir.

Su kaynaklarının yönetiminde en önemli problem su verimine etkili olan faktörlerin başında gelen yağışların düzensizliğidir. Akarsu veriminin arttığı dönemlerde yapılacak uygun miktarda depolama ile akarsu veriminin azaldığı ancak suya olan ihtiyacın arttığı dönemlerde ihtiyacın karşılanması yoluna gidilir. Su depolama yapılarının depolama kapasitesini doğru olarak belirlemek, depolama yapısının hizmet süresi boyunca görevini tam olarak yerine getirmesini sağlayacaktır. Aksi durumda su isteğinin karşılanamadığı zamanlarda projeden beklenen yarar sağlanamayacaktır. Su depolama yapılarının depolama hacminin azalmasına sebep olan etkenlerin

başında havzadan su ile taşınan sediment miktarı gelir. Akarsulara değişik kaynaklardan sediment ulaşır. Doğal ve yapay sediment kaynakları olmak üzere iki grup altında toplanabilecek kaynaklar arasında; yüzeY, parmak, oyuntu erozyonları, akarsu yatağındaki ve kıyısındaki erozyon, toprak kaymaları, tarımsal işlemler, çeşitli amaçlar için yapılan inşaatlar, akarsu yatağı ıslah çalışmaları, maden ve taş ocağı kalıntıları, akarsu yatağından kum-çakıl alınması vb. faaliyetler sayılabilir. Bu kaynaklar arasında özellikle erozyon ve sedimentasyon birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de önemli sorunlardan birisidir (Öztürk ve Girgin 1987, Okman 1994, Öztürk ve ark. 2001).

Ülkemizde de su kaynaklarının kirlenmesi sorunu son yıllarda önemli boyutlara ulaşmıştır. Sulamada zorunlu olarak kirli suların kullanılmasıyla topraklarda fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden olumsuz etkilerin meydana gelmesinin yanında yetiştirilen bitkiler de kirlenmeden etkilenmektedir. Su ve sudaki sedimentle birlikte taşınan zehirli maddeler, mikroorganizmalar ve

* Ankara Üniv. Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir

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

² Ankara Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Ankara

³ Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Eskişehir

parazit yumurtaları; toprağı, bitkiyi, hayvanları ve insanları çeşitli şekillerde etkileyerek sağlık yönünden önemli sorunlara yol açabilmektedir.

Çeşitli kaynaklardan gelen ve akarsularla taşınan sedimentin su depolama yapılarında kapasiteyi azaltmasının yanı sıra, verimli arazilerde birikerek arazinin değerini azaltma, toprağın infiltrasyon hızını azaltma, akarsu yatağını yükselterek taşkın riskini ve zararını artırma, su alma yapılarının girişini tıkama, sulama ve drenaj kanallarının kapasitesini azaltma ve bakım giderlerini artırma, sudaki çözülmüş oksijen miktarını azaltma ve sudaki yaşamı kısıtlama, balık yumurtalarını örterek balıkların çoğalmasını engelleme, içme ve kullanma suyunun arıtma giderlerini artırma, tarım, sanayi ve diğer kesimlerden kaynaklanan çeşitli kirlenmeleri taşıyarak çevreyi kirlenme, doğal ve yapay göllerin rekreasyon özelliğini azaltma ve çevre estetiğini bozma gibi etkileri de vardır. Ayrıca su toplama havzasından gelen sedimentin miktarı, uygulanacak havza koruma önlemlerinin seçilmesi ve bu önlemlerin öncelikle uygulanacağı alanların saptanmasında önemli bir değişken olarak görülmektedir (Aküzüm ve Öztürk 1996).

Hidrolojik çevrimin her bir parçasında suyun, göz önüne alınan sisteme girişi, bu sistemde depolanması ve sistemden çıkışı ile ilgili çeşitli hidrolojik olaylar yer alır. Bütün hidrolojik olaylar çok sayıda değişkenden etkilenir. Bu değişkenlerin her birinin olayı ne şekilde etkilediklerini tam olarak belirlemek çoğu zaman mümkün olmadığı için göz önüne alınan olaydaki değişkenler arasındaki bağıntılar kesin bir şekilde elde edilemez (Okman 1994).

Kompleks havzaların hidrolojik sonuçları, homojen havza birimlerinden meydana gelen havzaların sonuçlarından farklıdır. Buna yağış ve yağış olayının dışında havzanın değişik karakteristikleri de eklendiğinde daha da karmaşık bir durum almaktadır. Sonuçta bütün hakkında karar vermek için öncelikle havzanın en küçük birimlerinde yani birinci dereceden su yollarında çalışma yapmak ve buradan elde edilecek sonuçlardan kompleks havzalara yaklaşım getirmek daha doğru sonuçların elde edilmesine yardımcı olur (Okman 1994). Bu ise ancak alt havzalarda ve özellikle birinci dereceden su yollarında yapılan çalışmaların sayısını artırmakla mümkün olacaktır.

Karmaşık sistemlerin sistematik bir biçimde tanımlanması, sebep sonuç ilişkilerinin belirlenmesi, pahalı ve zaman alıcı arazi çalışmaları yapmaksızın, alternatif kontrol ve yönetim stratejilerinin etkilerinin saptanması ve sistem davranışlarının değerlendirilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Modellerin sonuçlarının doğruluğu; fiziksel gerçeklerin iyi bir şekilde temsil edilip edilmediğine, modelde kullanılan matematiksel yöntemlere ve katsayıların doğruluğuna bağlıdır.

Coğrafi bilgi sistemi (CBS), topografik ve konumsal verinin eldesi ve işlenmesinde önemli bir araçtır. Veri erişim ve işleme konusunda kullanıcıya avantaj sağlamaktadır. Ayrıca araştırmada kullanılan AGNPS (Agricultural Non-point Source Pollution Model - Noktasal Kaynaklı Olmayan Tarımsal Kirlilik Modeli) ile CBS yazılımları (ArcInfo, ArcView, Grass, Idrisi vb.) arasında veri alışverişi ile yapılmış pekçok araştırma, CBS'nin

modelin uygulanabilirliğini arttırdığını belirtmektedir (Hession ve ark. 1989, Olivieri ve ark. 1991, He ve ark. 1993, Klaghofer ve Birnbaum 1993, Yoon ve ark. 1993, Kang ve Bartholic 1994, Tim ve Jooly 1994).

Havza araştırmalarının amacı, havzalarda su kaynakları ile ilgili araştırmaları yapmakla birlikte, yapılmış araştırmaların sonuçlarının bir model haline getirilmesidir. Ülkemizde bu konudaki araştırmalar 1960'lı yıllardan sonra ve sınırlı sayıda yapıldığından, yapılan çalışmalar bir model haline getirilememiştir. Bu sebeple havzalarda yapılan araştırma sayısının artırılması ve sonuçlarının daha sonra geliştirilecek bir model yardımıyla ortaya konulması amacıyla bu çalışmaya gerek duyulmuştur.

Materyal ve Yöntem

Araştırmanın yapıldığı Kurukavak deresi su toplama havzası, Bilecik ili Pazaryeri ilçesi Küçükelmalı, Güde ve Bahçesultan köyleri arazisi içerisinde, Sakarya nehri havzasında yer almaktadır. Pazaryeri ilçesinin batısında kalan havza; Pazaryeri'ne 7 km, Bilecik'e 37 km, Eskişehir'e 71 km uzaklıktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği 830 m olan akım gözlem istasyonu 40° 01' kuzey enleminde ve 29° 47' doğu boylamındadır (Karas 1999).

Havzaya en yakın meteoroloji istasyonu olan Pazaryeri meteoroloji istasyonundan elde edilen meteorolojik elemanlara ilişkin değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Havzanın şekilsel ve topografik özellikleri Çizelge 2'de özetlenmiştir (Karas 1999).

Genelde dağlık ve dalgalı bir topografyaya sahip olan Kurukavak deresi havzası kuzeyde Düzyol tepe, doğuda Düzkaynık ve Topyeri tepe, güneyde Meşeliburun sırtı ve Mezarlık tepe ile sınırlanmıştır (Karas 1999).

Havzanın büyük toprak grubu kireçsiz kahverengi orman toprağıdır. Bu topraklar A(B)C horizonlarına sahip profil yapısı gösterir. A horizonu iyi teşekkül etmiştir. B horizonunun teşekkülü zayıf olup kil birikmesi yok veya çok azdır. Ortalama derinlik 30-70 cm'dir. Genel olarak havza topraklarının üst kısmı gözenekli (granül) yapı ve Pliocene ait kumlu kil taşı, kireçli kumlu killi veya çakıllı depozitlerdir (Karas 1999).

Araştırma havzası 1/500 000'lik jeolojik haritaya göre paleozoik (1. zaman) devirde oluşmuş geçirimsiz zeminleri teşkil eden metamorf şistlerden oluşmuştur (Karas 1999).

Araştırma havzasının 2.88 km² lik kısmında arazi; sarp eğimli, çok sığ ve şiddetli erozyona maruzdur. Havzanın batısındaki arazi ise dik eğimli ve orta erozyona maruzdur (Şekil 1) (Karas 1999).

Birçok yan deresi olan Kurukavak deresi batıdan doğuya doğru akmaktadır. Yeraltı suyu oluşumunu sağlayacak akifer özelliğinde tabaka bulunmadığından yeraltı suyu yoktur. Yağışların oluşturacağı yüzeysel akış haricinde yüzeydeki alüvyon içerisinde depolanmış bir miktar su vardır. Havzanın su kaynağını yağışlar oluşturmaktadır (Karas 1999).

Çizelge 1. Pazaryeri meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik elemanların değerleri (1994-1996)

Meteorolojik elemanlar	Aylar												Yıllık
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Ortalama yağış (mm)	115.5	27.6	89.1	64.7	56.5	77.2	141.7	25.7	123.5	32.5	151.9	28.5	934.4
Ortalama sıcaklık (°C)	13.7	13.6	10.2	6.6	3.9	5.0	8.4	18.4	20.9	22.9	19.8	16.3	13.3
Maksimum sıcaklık (°C)	26.7	22.6	20.9	17.3	17	19.6	28.6	33.5	35.8	38.2	32.7	29.8	38.2
Minimum sıcaklık (°C)	2.6	4.4	3.2	-5	-8.7	-6.7	-3.6	6.6	7.5	13.8	12.8	6.4	-8.7
Ortalama nispi nem (%)	67.5	47.4	67.6	63.3	64.8	64.1	60.8	55.1	61.5	55.9	69.5	64.8	61.9
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	0.3	1.3	1.1	1	0.6	0.7	1	0.6	0.3	0.5	0.3	0.4	0.7
Buharlaşma (mm)	28.8	62.7					35.4	77.6	72.8	86.3	45.6	40.8	450
Yağışlı gün sayısı	15	4	15	10	13	11	15	10	10	5	11	4	123
Kar yağışlı gün sayısı			4	5	12	8	9						38
Maks. kar örtüsü kal. (cm)			23	15	21	28	32						32
Ort. güneş. şid. (cal/cm/gün)	130.9	145.3	66	139.3	164.3	243.3	294.1	389	390.2	351.9	293.1	272.9	240

Çizelge 2. Havzanın şekilsel ve topografik özellikleri

Havza alanı	4.25 km ²
Havza çevre uzunluğu	9.12 km
Havza uzunluğu	2.8 km
Havza genişliği	1.52 km
Havza maksimum ve minimum yükseltileri	1076 m
Havza röliyefi	830 m
Nispi röliyef	240 m
Havza yöneyi	0.23
Havza medyan yüksekliği	Batı - doğu
Havza ortalama yükseltisi	965 m
Havza ortalama eğimi	953 m
Ana su yoluna bağlı indis	% 26.6
Havza uzunluğuna bağlı indis	3.31
Havza dairesellik oranı	1.85
Sıklık indis	0.49
Havza dikdörtgen eşdeğeri	1.24
Eğim indis	4.37
Ana su yolu uzunluğu	6.70
Toplam su yolları uzunluğu	3.75 km
Ana su yolu profili ve eğimi	15.25 km
	% 4.4

Havzanın %70'i fundalık, %30'u ise kuru tarım arazisidir (Şekil 2) (Karaş 1999).

Araştırma havzasında akıma geçen suyu ölçmek için bir adet akım gözlem istasyonu, havzaya düşen yağışları ölçmek için de havza içerisinde 3 adet yağış istasyonu bulunmaktadır (Karaş 1999).

AGNPS modeli: AGNPS 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 taşınımını 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 r² değeri ise 0.81 olarak tespit edilmiştir. Model (1) hidroloji, (2)



Şekil 1. Havzanın toprak özellikleri

erozyon ve sediment taşınımı, (3) kimyasal madde (ilaç-gübre) taşınımı ve (4) noktasal kaynaklı girdi alt modellerinden oluşmaktadır (Young ve ark. 1989).

Model yardımıyla noktasal kaynaklı olmayan kirlilik belirlemesinin yanında farklı bitki deseni, toprak işleme, gübreleme, tarımsal ilaç kullanımı ve sulama senaryolarında sonuçlar görülebilmektedir (Anonymous 1994).

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 kirliliciler olduğu bilinen kaynaklardaki kirlilik miktarının modele sabit bir değer olarak girilmesi gerekliliğidir (Bingner ve ark. 2001).

Yüzey akışın hesaplanması: Modelde yüzey akış miktarı aşağıda eşitliği verilen SCS eğri numarası yöntemine göre hesaplanmaktadır.



Şekil 2. Havzanın arazi kullanım durumu

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

$$S = \frac{25400}{N} - 254$$

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) yöntemi baz alınarak hesaplanmaktadır (Anonymous 1986).

$$q_p = q_u A_m Q F_p$$

Eşitlikte;

- q_p: Pik debi, m³/s
q_u: Birim pik debi, km²/cm
A_m: Drenaj alanı, km²
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 (Anonymous 1986).

Toprak kaybının hesaplanması: Modelde, kaybedilen toprak miktarının saptanmasında USLE (Universal Soil Loss Equation)'nin modifiye edilmiş bir

şekli olan RUSLE kullanılmakta ve toprak kaybı her hücre için tek tek hesaplanmaktadır (Bingner ve ark. 2001).

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

Eşitlikte;

- SL : Toprak kaybı, m³/yıl
EI : Yağışın toplam kinetik enerjisi ve 30 dakikalık maksimum şiddeti
K : Toprağın erozyona duyarlılık (erodobilite) katsayısı
LS : Topografik katsayı
C : Bitki örtüsü ve amenajman 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, Bilecik ili için 23.80 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. Alt havzalarda elde edilen erozyon duyarlılık katsayısının alana göre ağırlıklı ortalaması alınarak havzanın ortalama erozyon duyarlılık katsayısı hesaplanabilir (Wischmeier ve Smith 1978, Öztürk 1985, Simons ve Şenturk 1992).

Topografik katsayı: Yüzey ve parmak erozyonunun 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 Şenturk 1992).

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. Eğimin % 10'u aştığı tarım arazilerinde erozyon açısından en önemli faktörün eğim olduğu belirtilmektedir (Anonymous 1978, Wischmeier ve Smith 1978, Simons ve Şenturk 1992).

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 Şenturk 1992).

Toprak koruma katsayısı: Koruma önlemi alınmayan alanlarda toprak koruma katsayısı 1.0 olarak önerilmiştir (Wischmeier ve Smith 1978, Simons ve Şenturk 1992).

AGNPS modeli için gerekli veriler: AGNPS modeli, havzanın tanımı için hücreler veya elemanları kullanmaktadır. Her bir hücrede kullanılan eşitlikler havzanın belirli karakteristiklerini belirler. Kullanılan verilerin bazıları (eğim uzunluğu gibi) fiziksel ölçülere dayandığı için haritalardan elde edilirken bazıları kısmen ölçüm yapılarak tahmin edilebilir veya önceki çalışmalardan elde edilebilir. AGNPS modelinde aşağıda açıklanan 22 farklı veriye ihtiyaç duyulmaktadır (Srivinisan ve Engel 1991, Mitchell ve ark. 1993, Anonymous 1994, Bingner ve ark. 1997, Brannan ve Hamlet 1998).

1. Hücre sayısı: Havza büyüklüğü ve hücre boyutuna göre havzada soldan sağa ve yukarıdan aşağıya dizilmiş olan hücre sayısını gösterir.
2. Drenaj hücrelerinin sayısı: Drenaj hücresi içindeki hücre sayısını gösteren harita, havzanın hücre sayısı ve görünüm haritasından çıkartılır.
3. SCS eğri numarası: SCS eğri numarasını belirlemek için önceki nem koşulu, arazi kullanımı, hidrolojik toprak grubu ve hidrolik koşulların bilinmesi gerekir.
4. Ortalama arazi eğimi: Topografik haritadan elde edilir. Bu değerler dereceden yüzdeye çevrilir.
5. Yüzey eğim faktörü: İç ve dışbükey alanları gösteren yüzey eğim haritası, yükseklik ve görünüm aşamalarındaki bilgiler kullanılarak elde edilir.
6. Ortalama arazi eğim uzunluğu: Bu parametre toprak serileriyle bağlantılıdır ve alanı gösteren belirli bir konumdur.
7. Ortalama akarsu yatağı eğimi: Akarsu yatağı eğim haritası mevcut değilse AGNPS modelinin önerdiği arazi eğiminin % 50'si kabul edilir.
8. Ortalama akarsu yatağı şev eğimi: Bu değer toprak eğimindeki sınıflamalar için şev eğimi ile bağlantıyı gösteren toprak veri tabanı ve standart toprak haritasının kullanılması ile çıkarılır.
9. Kanalin Manning pürüzlülük katsayısı: Bu bilginin elde edilmesinde toprak bünyesi, arazi kullanım verileri ve standart toprak haritası kullanılır.
10. Toprak erozyon faktörü: Toprak haritası ve toprak veri tabanının kullanılması ile elde edilir.
11. Bitki faktörü: Arazi kullanım verileri ile SCS rehber tablolarının kullanılması ile elde edilir.
12. Uygulama faktörü: Sadece klasik tarım yapıldığı kabul edilmekte ve böylece USLE-P faktörü 1 olarak alınmaktadır.
13. Yüzey koşulu sabiti: Yüzey koşulu sabitini gösteren harita arazi kullanımı ve AGNPS kullanım kılavuzunda bulunan tablonun kullanılması ile elde edilir.
14. Görünüm: Her bir hücreden olan drenaj yönünü göstermektedir.
15. Toprak bünyesi: Kum, kil, silt ve tın gibi toprak bünyesi sınıfları; sınıflama üçgeni, toprak veri tabanı ve toprak haritası kullanılarak elde edilir.
16. Gübreleme düzeyi: Az, orta ve çok olmak üzere gübreleme düzeyini gösterir.
17. Karışım düzeyi: Üst toprak katmanında kalan gübrenin yüzdesini gösterir. Karışım düzeyi haritası AGNPS'in kullanım kılavuzunda bulunan tablo ve arazinin hazırlanması için kullanılan araç türlerine bağlı olarak kullanıcı tarafından seçilir.
18. Noktasal kaynak göstergesi: Bunlar model tarafından gereksinim duyulan ek bilgilerdir. Eğer kullanıcı noktasal kaynak verilerinin de olmasını isterse, noktasal kaynağa ilişkin bilgileri sağlamalıdır.

19. Su kaynağı durumu: Bu değer belirli hücrelerdeki akarsu kaynağını gösterir ve akarsu erozyonunun tahminini istemektedir.
20. Kimyasal oksijen ihtiyacı faktörü: Bu değere ilişkin harita AGNPS kullanım kılavuzundaki tablo ve arazi kullanım verilerinden çıkarılır.
21. Biriktirme faktörü: Bu girdi model içinde en az öneme sahiptir. Biriktirme faktörü gerektiğinde kullanıcı tarafından elde edilir.
22. Kanal göstergesi: Bu aşama hücrede tanımlı bir kanalın varlığını gösterir. Kanal göstergesi akarsu yatağı eğim haritasından temin edilir. Bu alandaki araştırma için var olan potansiyel, görünüm haritası ve havzadaki birikim hücrelerinin sayısı kullanılarak var olan kanal göstergesi tahmin edilebilir.

AGNPS modelinin çıktıları: AGNPS modelinin sonuçları; hidroloji, sediment ve kimyasal sonuçlar olmak üzere 3 ana grupta toplanmaktadır (Anonymous 1994).

Hidroloji ile ilgili çıktılar: a) Akış hacmi, b) En yüksek akış miktarı, c) Hücre içinde oluşan akışın yönüdür.

Sediment ile ilgili çıktılar: a) Sediment miktarı, b) Sediment konsantrasyonu, c) Sediment tane büyüklük dağılımı, d) Üst kısımdaki toprak erozyonu, e) Birikim miktarı, f) Oluşan hücre içindeki sediment, g) Tanelerin tutulma oranı, h) Sedimentin tane dağılım oranıdır.

Kimyasal madde ile ilgili çıktılar: a) Sedimentteki nitrojen sınırı, b) Akış hücresindeki çözünbilir nitrojen, c) Çözünbilir nitrojen konsantrasyonu, d) Toplam çözünbilir nitrojen, e) Sedimente bağlı fosfor, f) Akış hücresindeki çözünbilir fosfor, g) Çözünbilir fosfor konsantrasyonu, h) Toplam çözünbilir fosfor, i) Sedimentteki pestisit sınırı, j) Akış hücresindeki pestisit sınırı, k) Hücredeki kimyasal oksijen ihtiyacı, l) Toplam çözünbilir kimyasal oksijen ihtiyacı, m) Çözünbilir kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonudur.

AGNPS modeli için belirlenen veriler: SCS eğri numarası Maidment (1993)'den alınmıştır. Arazi örtüsü, Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen arazi kullanım haritasından sayısallaştırılmıştır.

Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü'nden alınan 3 yağış istasyonuna ait 1994-1996 yılları arasındaki yağış verileri sayısal ortama aktarılarak alansal yağmur miktarları bulunmuştur.

Toprak bünyesi Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü'nden temin edilerek sayısal ortama aktarılmıştır.

İstatistiksel değerlendirme yöntemleri: Çalışmada AGNPS modelinden elde edilen yüzey akış değerleri ile ölçülen yüzey akış değerlerinin karşılaştırılmasında aşağıda verilen istatistiksel yöntemler kullanılmıştır.

Çalışma alanına ilişkin ölçülen sediment miktarlarının Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü'nden temin edilememesi nedeniyle modelle tahmin edilen sediment verileri ölçülen değerlerle karşılaştırılmamıştır.

Doğrusal regresyon modeli: Regresyon analizinin temeli hata terimlerinin analizine dayanır. Hata terimi modele alınmayan değişkenlerin etkisini topluca belirtir (Neter ve ark. 1996).

Gözlem değerleri ile eşitlik ile tahmin edilen değerler arasındaki sapmanın nedenleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Bağımlı değişkenin alacağı değeri doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen çok sayıda değişken vardır. Bunların tümünü ele alıp incelemek çoğu kez olanaksızdır.

-Değişkenlerin tümü eşitlikte belirtilse bile özellikle hidrolojik olayların her birinin başka değişkenlerden etkilenmesinden gelen mekanik olmama özelliği, hata teriminin kaynaklarından birini oluşturur.

= Çeşitli nedenlerden ötürü gözlem değerlerinde yapılan yanlışlıklar hata teriminin bir diğer kaynağıdır (Neter ve ark. 1996).

Etkinlik oranı testi: Herhangi bir teorik model sonucunda elde edilen model (Mi) değerlerinin, gözlem (Gi) değerleriyle uyumunu kontrol eden gösterge düzeyde bir testtir. Mantığı ve hesaplanma şekli belirtme (R^2 - Determinasyon) katsayısına benzer. Gözlem değerlerinin sapma varyansı, gözlem ve model değerleri arasındaki farkların hata varyansı farkının farklarından oluşur. Genellikle istatistiksel hesaplamalardan kaçınan ve deterministik yaklaşımları tercih eden hidrologistler tarafından kullanılır (Neter ve ark. 1996).

Khikare dağılımı: Normal dağılım konumuna uygun bir yığından n hacimli ve değişken değerleri (x_1, x_2, \dots, x_n) olan bir örneğin varyansı S^2 , örneğin çekildiği yığının varyansı σ^2 , örneğin ortalaması da \bar{X} ise,

$$\chi^2 = \frac{nS^2}{\sigma^2} = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{\sigma^2}$$

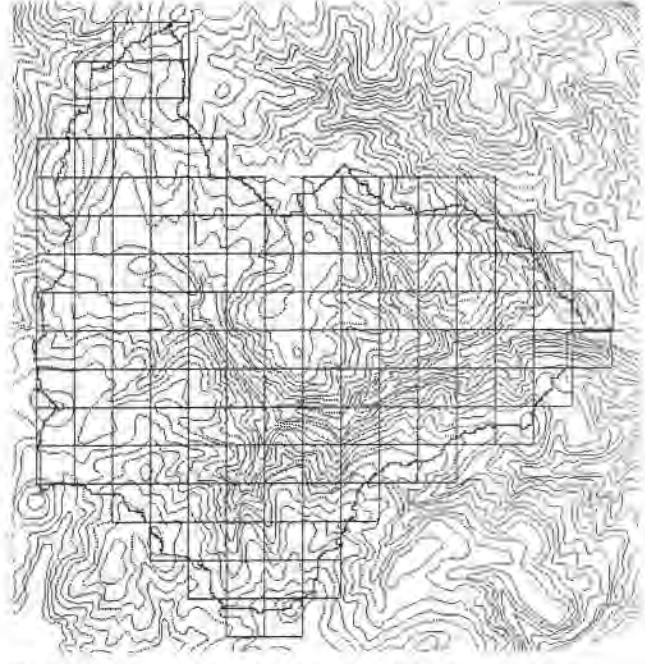
biçiminde tanımlanan değişkene Khikare değişkeni denir (Crawshaw ve Chambers 1990).

Kolmogrov-Smirnov testleri: Parametrik olmayan istatistik tekniklerinden olup iki serinin kendi aralarında uyumlu olup olmadıklarının kontrolü için kullanılır (Crawshaw ve Chambers, 1990).

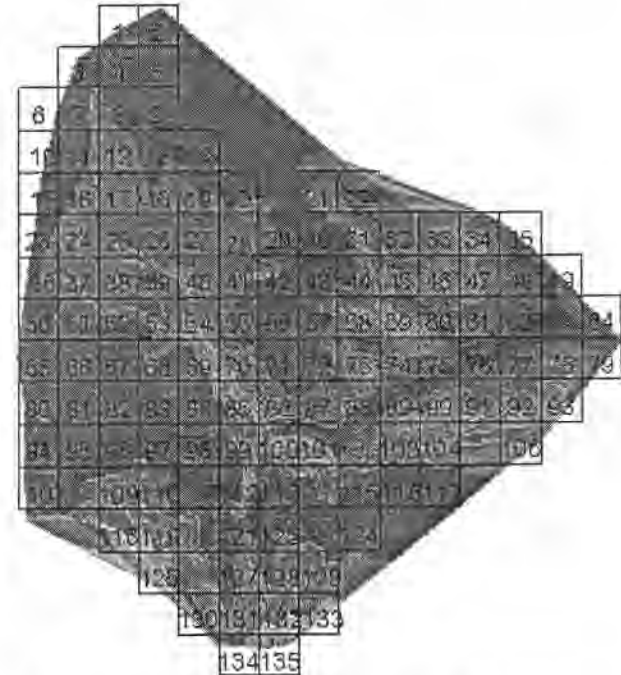
Araştırma Bulguları

Havza alanı, en küçük karenin boyutu 200 m olacak şekilde karelere bölünmüştür. Hücre boyutu programın duyarlılığını etkilemektedir (Feezor ve ark. 1989). Bu çalışmada hücre boyutu 200 x 200 m olan toplam 135 hücre oluşturulmuştur (Şekil 3 ve 4).

SCS eğri numaraları tek ve çift yıllar olmak üzere Ekim-Nisan ve Nisan-Ekim ayları için ayrı ayrı belirlenmiştir. SCS eğri numarası yerleşim yerleri için Ekim-Nisan ve Nisan-Ekim için 90, aynı dönem de sulu tarım yapılan yerler de kışın toprak yüzeyi çıplak olduğundan 88, yaz döneminde 80 alınmıştır. Anızlı



Şekil 3. Havzanın topografik haritası ve hücre bölümlenmesi



Şekil 4. Havzanın 3 boyutlu haritası ve hücre bölümlenmesi

bölgeler için; çift yıllarda kışın 88, yazın 80, tek yıllarda mevsim gözetmeksizin 88 alınmıştır. Nadas için; çift yıllarda mevsim gözetmeksizin 88, tek yıllarda kışın 88, yazın 80 alınmıştır. Mera alanlarında SCS eğri numarası ortalama 74 olarak alınmıştır.

ArcInfo, ArcView ve Surfer yazılımları yardımıyla 1/25 000 ölçekli topografik haritanın sayısallaştırılmasıyla elde edilen DEM (sayısal yükseklik modeli) Şekil 5'de verilmiştir. Oluşturulan sayısal yükseklik modelinden akım

ağı ve ortalama arazi eğimi ArcInfo kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan AGNPS modelinin en az 1 inc (25.4 mm) yağış değerini kabul etmesi nedeniyle Çizelge 3 ve Şekil 6'da 1994–1996 yılları arasında Kurukavak havzasında gözlenen 25.4 mm (1 inc)'den daha büyük ve günlük olmayan yağış olayları ve model tahminleri verilmiştir.

Microstat ve FM SAS istatistik yazılımında yapılan hesaplamalar sonucu $Y=a+b.x$ şeklinde kurulan ve kukla (dummy) değişken kullanılan doğrusal regresyon modelinin determinasyon katsayısı (belirleme) (R^2) 0.43, $Y=a/b+x$ şeklinde kurulan regresyon modelinin determinasyon katsayısı ise 0.22 olarak bulunmuştur. Doğrusal regresyon modeline göre regresyon denklemi gözlem değerlerinin %43'ünü açıklamakta, % 57'sini başka faktörler açıklamaktadır. Diğer regresyon modeline göre ise bu açıklama oranları %22 ve %78 olarak bulunmuştur.

Regresyon analizinden elde edilen sonuçların ayrıca etkinlik katsayısı, Khikare testi ve Kolmogrov-Smirnov testleriyle de sınanmasına karar verilmiştir.

Doğrudan model değerlerinin gözlem değerleri üzerine etkinliği % 25 bulunmuştur. Khikare testi sonucu $\chi^2_{n-1} = 0.83$ olarak bulunmuş olup gözlem ve model değerlerinin homojen olduğu, başka bir deyimle aynı popülasyona ait olup model değerlerinin gözlem değerlerini temsil edebileceğine karar verilmiştir.

Kolmogrov-Smirnov testlerinin sonucunda ise ;
Maksimum $D_n = 0.17$ olarak bulunmuş olup

$$\sqrt{m} = \sqrt{8 \times 8 / (8 + 8)} = 2$$

$$Z = 0.17 \times 2 = 0.34$$

Kolmogrov-Smirnov tablosundan $Z = 0.34$ için
 $L(z) = 0.02$
 $P = 1 - 0.02 = 0.98$ bulunur.

$0.98 > 0.05$ olduğundan iki serinin homojen olduğuna karar verilmiştir.

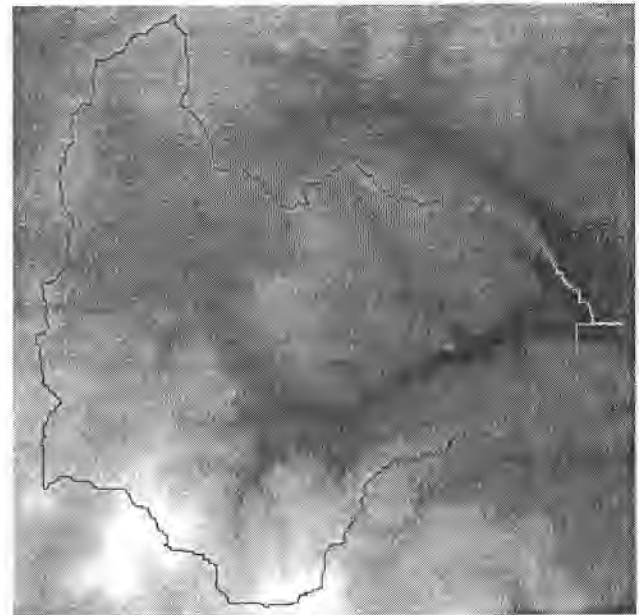
Sonuç ve Öneriler

AGNPS, olay bazlı bir model olup; yağış-yüzey akış bağıntısı kurulurken yağış öncesindeki toprak rutubet ve hidrolik koşulların çok iyi analiz edilmiş olması gerekir. Akışı tahminde kullanılan SCS eğri numarasının tespiti bu kompleks şartların bileşkesidir. Diğer taraftan yağış, noktasal karakterli olup, yüzey akışa yol açan yağışlar genellikle havzada homojen dağılım göstermemektedirler. Bu nedenle gerek havza koşullarının homojen olmayışı ve gerekse de yağışın noktasal özellikte olması model kullanımını zorlaştıran durumlardır. Olayın zaman boyutunun da etkili bir faktör olduğu düşünülürse yağış-akış ilişkisini basit ve açıklanabilir bir olay olmanın ötesine götürmektedir.

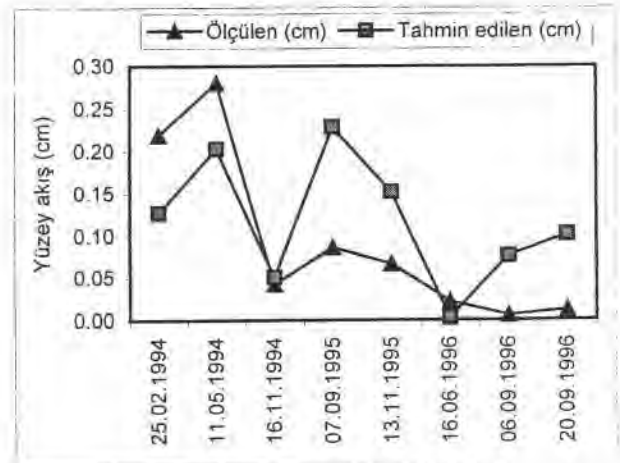
Dünyada havza bazında çeşitli amaçlar için yaygın olarak birçok model kullanılmaktadır. Modellerin gerçeğe yakın tahmin yapabilmesi için modelin istediği parametrelerin sağlıklı bir biçimde temin edilmesi ve veri

Çizelge 3. 1994 – 1996 yılları arasında gözlenen önemli yağış olayları ve model sonuçları

Tarih	Ölçülen yağış (mm)	Ölçülen debi (l/s)	Ölçülen debi (mm)	Tahmin edilen debi (mm)	Tahmin edilen sediment (t)
25.02.1994	30.20	125.35	2.2	1.3	16.3
11.05.1994	42.50	160.26	2.8	2.0	19.3
16.11.1994	24.20	24.09	0.4	0.5	10.8
07.09.1995	34.80	49.43	0.9	2.3	18.4
13.11.1995	32.30	37.95	0.7	1.5	17.5
16.06.1996	26.80	12.37	0.2	0.0	13.8
06.09.1996	28.00	3.25	0.1	0.8	14.9
20.09.1996	29.70	6.92	0.1	1.0	16.1



Şekil 5. Havzanın sayısal yükseklik modeli (DEM)



Şekil 6. 1994 – 1996 yılları arasında seçilmiş olaylarda ölçülen ve tahmin edilen yüzey akış sonuçları

toplama ağının çok iyi bir şekilde planlanması gerekmektedir. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne ait Araştırma Havzalarında modellerin ihtiyaç duyduğu verilerin çoğu toplanamamaktadır. Özellikle toprak verileri

detaylı toprak etüdü yapılmamasından dolayı modellerde en fazla sorun yaşanan kısmı oluşturmaktadır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara bakılarak AGNPS modelinin Kurukavak deresi havzasında gözlenen ve tahmin edilen parametreler arasındaki uyumu arttırmak için modeli oluşturan değişkenlerdeki katsayılar yeniden ele alınarak havza veya Türkiye koşulları için yeni değerler elde edilebilir.

Coğrafi bilgi sistemi konumsal veri temininde modele oldukça faydalı olmuş, model parametrelerinin belirlenmesinde olağanüstü hız ve kolaylık sağlamıştır. Ancak yüksek maliyeti ve karmaşık yapısı bir handikaptır. 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 yaygınlaşacağını söylemek yerinde olur.

Kaynaklar

- Akuzüm, T. ve F. Öztürk, 1996. Toprak su Yapıları. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:1448, 521 s., Ankara.
- Anonymous, 1978. Soil Erosion by Water. FAO Land and Water Development Series 7, 284 p., Italy.
- Anonymous, 1986. Urban Hydrology for Small Watersheds. USDA Technical Release No 55, USA.
- Anonymous, 1994. AGNPS User Manual, USA.
- Bingner, R. L., R. W. Darden, F. D. Theurer and J. Garbrecht, 1997. GIS based generation of AGNPS watershed routing and channel parameters. ASAE Paper 97-2008, Applications of Emerging Technologies in Hydrology. ASAE International Meeting, Minnesota.
- Bingner, R. L., F. D. Theurer, R. G. Cronshey, and R. W. Dardon, 2001. AGNPS 2001 User Manual, USA.
- Braninan, K. and J.M. Hamlett, 1998. Using geostatistics to select grid-cell layouts for the AGNPS model. Transactions of the ASAE, 41 (4) 1011-1018.
- Feezor, D. R., C. M. Hirschi and B. J. Lesikar, 1989. Effect of cell size on AGNPS prediction, International Winter Meeting of ASAE, December 12-15, 1989, Neworleans, Louisiana, Paper no:89-7027, 11p.
- Güçer, C. 1972. Yağışların Erosif Potansiyellerinin Hesaplanması ve Türkiye Yağışlarının Erosif Potansiyelleri. Merkez Toprak Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 118 s., Ankara.
- He, C., J. F. Riggs and Y. T. Kang, 1993. Integration of geographic information systems and a computer model to evaluate impacts of agricultural runoff on water quality. Water Resources Bulletin, American Resources Association, Paper No. 93056, December 1993:891-900.
- Hession, W. C., K. L. Huber, S. Mostaghimi, V. O. Shanholtz and P. W. McClellan, 1989. BMP Effectiveness Evaluation Using AGNPS and a GIS. International Winter Meeting of ASAE, December 12-15, 1989, Neworleans, Louisiana Paper no: 89-2566, 18p.
- Kang, Y. T. and J. Bartholic, 1994. A GIS based agricultural nonpoint source pollution management system at the watershed level. Center for Remote Sensing, Michigan State University East Lansing, MI 48823, ASPRS/ACSM, 281-289.
- Karaş, E. 1999. Bilecik-Pazaryeri-Kurukavak Deresi Havzası Yağış ve Akımlarının Araştırılması. KHGM, Eskişehir Araştırma Ens. Müd. Eskişehir.

- Klaghofer, E. and W. Birnbaum, 1993. Linking Sediment and Nutrient Export Models with a Geographic Information System. HydroGIS 93: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources, Proceedings of the Vienna Conference, April 1993. IAHS Publ. No. 211: 501-505.
- Maidment, D. R. 1993. Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Mitchell, J. K. B. G. Engel, R. Srinivasan and S. S. Y. Wang, 1993. Validation of AGNPS for small watersheds using an integrated AGNPS/GIS system. Geographic Information Systems and Water Resources, American Water Resources Association, March 1993, 89-100.
- Neter, J., M. H. Kutner, C. J. Nachtsheim and W. Wasserman, 1996. Applied Linear Statistical Models. IRWIN, 1407 p. USA.
- Olivieri, J. J., G. M. Schaal, T. J. Logan, W. J. Elliot and B. Motch, 1991. Generating AGNPS input using remote sensing and GIS. 1991 International Winter Meeting of ASAE, December 17-20, 1991, Chicago, Illinois, Paper No. 91-2622, 10p.
- Okman, C. 1994. Hidroloji. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No 1388, 359 s., Ankara.
- Öztürk, A., K. Sönmez ve H. Apaydın. 2001. Yüzey akış miktarının bilgisayar ortamında belirlenmesi. 1. Ulusal Sulama Kongresi, 8-11 Kasım 2001, Ek Kitap s.380-387, Antalya.
- Öztürk, F. 1985. Su Toplama Havzalarında Meydana Gelen Sediment Miktarının Saptanmasında Kullanılan Yöntemlerin Ova Çayı Eybek Havzasında Uygulanması ve Karşılaştırılması. Ankara Üniv. Doktora Tezi, 120 s. Ankara.
- Öztürk, F. ve N. B. Girgin, 1987. Radyo İzotopların Tarımsal Hidrolojide Kullanılması - Kurs Notları. 19-22 Ekim 1987, Ankara Nükleer Tarım Araştırma Merkezi, Bölüm 6, s. 78-110. Ankara.
- Simons, D. B. and F. Şentürk, 1992. Sediment Transport Technology. WRP, USA.
- Srinivasan, R. and B. A. Engel, 1991. A knowledge based approach to extract input data from GIS. An ASAE International Summer Meeting, Albuquerque Convention Center, Albuquerque, New Mexico, June 23-26, 1991, Paper No. 91-7045, 7p.
- Tim, S. T. and R. Jooly, 1994. Evaluating agricultural nonpoint-source pollution using integrated geographic information systems and hydrologic/water quality model. J. Environmental Quality, 23, 25-35.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith, 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. USDA Agriculture Handbook No:537, USA.
- Yoon, J., G. Padmanabhan and L. H. Woodbury, 1993. Linking agricultural nonpoint source pollution model (AGNPS) to a geographic information system (GIS). Geographic information systems and water resources, American Water Resources Association. 79-87.
- Young, R. A., C. A. Onstad, D. D. Bosch and W. P. Anderson. 1989. AGNPS: A nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watershed. J. of Soil and Water Conservation, 44 (2) 168-173.

İletişim adresi:

Y. Ersoy YILDIRIM
Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Ankara
Tel: 0 312 317 05 50/1220
E-mail: yyildir@agri.ankara.edu.tr