

**EDİRNE-MERKEZ-KUMDERE HAVZASINDA AYLIK AKIMLARIN
VE HAVZA SU VERİMİNİN BELİRLENMESİNDE SWMHMS
MODELİNİ UYGULAMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Fatih BAKANOĞULLARI
DOKTORA TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
TEKİRDAĞ-2002

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN MERKEZİ

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

133141

EDİRNE-MERKEZ-KUMDERE HAVZASINDA AYLIK AKIMLARIN VE HAVZA
SU VERİMİNİN BELİRLENMESİNDE SWMHMS MODELİNİ UYGULAMA
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Fatih BAKANOGULLARI

DOKTORA TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

TEKİRDAĞ-2002

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EDİRNE-MERKEZ-KUMDERE HAVZASINDA AYLIK AKIMLARIN VE HAVZA
SU VERİMİNİN BELİRLENMESİNDE SWMHMS MODELİNİ UYGULAMA
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

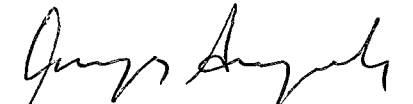
Fatih BAKANOĞULLARI

DOKTORA TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu tez 26/07/ 2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.


Prof. Dr. A. Nedim YÜKSEL
(Danışman)


Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ


Prof. Dr. Ömer ANAPALI

ÖZET

Doktora Tezi

Edirne-Merkez-Kumdere Havzasında Aylık Akımların ve Havza Su Veriminin Belirlenmesinde SWMHMS Modelini Uygulama Olanaklarının Araştırılması

Fatih BAKANOĞULLARI
Ziraat Yüksek Mühendisi

Danışman

Prof. Dr. A. Nedim YÜKSEL
Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi

Tez jürisi :

Prof. Dr. A. Nedim YÜKSEL
Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ
Prof. Dr. Ömer ANAPALI

Ülkemizin bulunduğu ekolojik konum ve sahip olduğu 26 büyük su toplama havzasının büyüklükleri ve içerdiği binlerle ifade edilecek alt havzaları da dikkate alındığında topoğrafya, bitki örtüsü, jeoloji ve toprak özellikleri bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Bu sebeple de havzalarda yapılacak olan su toplama yapılarındaki temel projelendirme kriteri olan havza yıllık su verimini ve diğer hidrolojik verileri bulmada büyük güçlükler oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Edirne-Kumdere havzasında (4.40 km²) aylık akımların ve havza su verimini belirlemede Sürekli Simülasyon (Benzeşim) Modeli olan SWMHMS (Small Watershed Monthly Hydrologic Modeling System) bilgisayar programının uygulanma olanakları araştırılmıştır. Modelin araştırma havzasında simülasyon yapabilmesi için gerekli olan günlük yağışlar, evapotranspirasyonu belirlemek için aylık ortalama sıcaklık verileri, bitki su tüketim katsayıları ve aylık güneşlenme saatleri yüzde değerleri, havzaya ait altı adet hidrolojik parametreler (Yüzey akış eğri numarası, Elverişli su tutma kapasitesi, Sızan su

kapasitesi, Taban akım katsayısı, Perkolasyon katsayısı, Başlangıçtaki yağış tutulma katsayısı) bulunmuştur. Model evapotranspirasyonu Blaney-Criddle eşitliği ile yüzey akımı Amerikan Toprak Muhafaza Servisinin Curve Number (yüzey akış eğri numarası) yöntemine göre belirlemektedir. Havzaya ait altı hidrolojik parametrenin değerlendirilmesi için SWMHMS modeli optimizasyon ve hassaslık analizi yapabilme imkanını da vermektedir. Bunun için ölçülmüş akım değerlerine ihtiyaç vardır.

Kumdere Havzasında 16 yıllık verilere göre ortalama aylık yağışı 50.0 mm, ortalama aylık akım değeri 1.5 mm, havza yıllık su verimi 18.0 mm'dir. Havza için bulunan hidrolojik parametreler ile SWMHMS modeli kullanılarak yapılan simülasyon neticesinde ortalama aylık akım 1.91 mm, yıllık havza su verimi 22.9 mm, simüle ile ölçülen akımın korelasyon katsayısı 0.79 ve regresyon denklemi $y=1.31x + 0.0$ dır. Amprik yöntem olan Turc metodu ile havzanın yıllık su verimi 117.1 mm bulunmuştur. Bu değer modelin aynı havzada bulduğu değerden yaklaşık sekiz kat daha fazladır. Havzada bulunan hidrolojik parametreler için SWMHMS modeli kullanılarak optimizasyon yapılmıştır. Optimizasyon sonucunda elde edilen havza hidrolojik parametreleri ile yeniden simülasyon yapılmış; aylık ortalama akım 1.26 mm, yıllık su verimi 15.15 mm, korelasyon katsayısı 0.84 ve regresyon denklemi $y=0.83x + 0.01$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar SWMHMS modelinin her iki simülasyon sonuçlarına göre Kumdere Havzasında uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Özellikle optimizasyon öncesi bulunan hidrolojik parametreler ile yapılan simülasyon sonuçlarının, SWMHMS modelinin akım ölçümleri yapılmayan benzer havzalarda da uygulanabileceğini göstermektedir.

SUMMARY

Ph. D. Thesis

Investigation of the possibility of using SWMHMS model to determine monthly runoff and annual water yield of Kumdere Watershed

M. Sc. Fatih BAKANOĞULLARI
Agricultural Engineer

Supervisor

Prof. Dr. A. Nedim YÜKSEL
Thrace University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Thesis Jury :

Prof. Dr. A. Nedim YÜKSEL
Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ
Prof. Dr. Ömer ANAPALI

There are 26 large watersheds containing thousands of small subbasins with different topography, canopy, geological structure and soil properties in Turkey. Although long term measured water yield and some hydrologic data are available to build up some hydrologic structures on the basins, it is not easy to monitor these data in detail at every time and at every specific location. SWMHMS computer modeling program may be a good tool to acquire the required data for the watershed together with sensitivity analysis and optimization as long as observed runoff data are available.

The main objective of this study was to investigate the possibility of using SWMHMS model in simulating rainfall runoff relationship and water yield of Kumdere Watershed, which is a small non-urban one occupying 4.40 km² area in Edirne Province of Turkey.

Daily precipitation, monthly meteorological data to compute evapotranspiration (average temperature, crop consumptive coefficients and percent daylight hours for month) and six watershed parameters (CN, AWC, SYC, SC, PERCCEOF, IRAC) were the inputs to run the model. The model uses Blaney-Criddle Equation to compute evapotranspiration and Soil Conservation Service curve number procedure to determine surface runoff.

Before optimization the model was tested. Long term observed values of average monthly precipitation, runoff and annual water yield of the watershed were 50.0 mm, 1.50 mm, and 18.0 mm. Using above mentioned 6 parameters, the simulated average monthly runoff and annual water yield were calculated as 1.91 mm and 22.9 mm, respectively. The regression equation between the observed and simulated values were $y = 1.31x + 0.00$ and $r^2=0.79$. After optimization, average monthly runoff, annual water yield, correlation coefficient and regression equation were also established as 1.26 mm, 15.15mm, 0.84 and $y = 0.83x + 0.01$, respectively.

Using Turc method to predict annual water yield for this basin, which is widely used by investing companies in Turkey, it was calculated as 117.1 mm for the same watershed, that is about 8 times larger than the observed one.

These results show that SWMHMS model may be used to simulate monthly runoff and annual water yield in Kumdere watershed. It can be applied to an ungaged watersheds that are similar Kumdere watershed if rainfall data and six watershed parameters are available.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
3. MATERYAL ve METOT.....	16
3.1 MATERYAL	16
3.1.1. Araştırma alanı	16
3.1.2 İklim özellikleri	16
3.1.3 Havzanın jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri	18
3.1.4 Havzanın toprak, jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri	21
3.1.5 Havza topraklarının hidrolojik toprak grupları	23
3.1.6 Havzanın arazi kullanma ve bitki örtüsü durumu	24
3.1.7 Yağış ve akım gözlem istasyonları.....	25
3.2. METOT	26
3.2.1. SWMHMS modeli	26
3.2.1.1 SWMHMS modelinin çalışma prensipleri.....	32
3.2.1.1.1.Simülasyon.....	32
3.2.1.1.2. Optimizasyon.....	33
3.2.1.1.3. Hassaslık analizi	34
3.2.1.2. SWMHMS program yapısı	35
3.2.3. Turc metodu	36
3.2.4. Toprak analiz metotları	37
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	38
4.1. Kumdere Havzası İçin SWMHMS Modeli Parametrelerinin Bulunması	38
4.1.1 İklim verileri.....	38
4.1.2. Hidrolojik veriler:.....	42
4.1.3. Havza verilerinin oluşturulacak girdi dosyasına yerleştirilmesi	48

4.2. SWMHMS Modelinin Kumdere Havzasında Uygulanması	52
4.2.1. Simülasyon sonuçları	52
4.2.2. Optimizasyon sonuçları.....	57
4.2.3. Hassaslık analizleri sonuçları	65
4.3. Kumdere Havzası Yıllık Su Veriminin Turc Metodu İle Bulunması	67
5. SONUÇLAR.....	68
6. ÖNERİLER.....	71
7. KAYNAKLAR	72
EKLER.....	78
EK 1: SWMHMS Modeli Kumdere Havzası Girdi Dosyası.....	78
EK 2: Havzadan Elde Edilen Sonuçlara Göre Simülasyon (K1.DAT)	79
EK 3: Optimizasyon Sonuçları SQR ile Kumdere Havzası Simülasyon Sonuçları ...	88
EK 4: Optimizasyon Sonuçları ABS ile Kumdere Havzası Simülasyon Sonuçları ...	97
EK 5: Hassaslık Analizi (SQR) Sonuçları.....	106
EK 6: Hassaslık Analizi (ABS) Sonuçları.....	108
EK 7: SWMHMS Modeli.....	110
TEŞEKKÜR.....	131
ÖZGEÇMİŞ	132

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge-3.1 Edirne İli Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri (1929-1990).....	17
Çizelge-3.2 Kumdere Havzası Su Yolu Sayıları.....	19
Çizelge.3.3. Kumdere Havzası Arazi Kullanım Durumu	24
Çizelge 4.1. Kumdere Havzası Aylık Yağış ve Akımları.....	39
Çizelge.4.2. Aylık Ortalama Sıcaklıklar ($^{\circ}\text{F}$) (1985-2001).....	40
Çizelge. 4.3. Aylık Bitki Su Tüketim Katsayıları (C_K).....	41
Çizelge. 4.4. Günlük ve Aylık Güneşli Saatlerin Yüzde Değerleri (C_P).....	41
Çizelge 4.5. Havza Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ile İnfiltrasyon Hızları	44
Çizelge 4.6. Havza Topraklarının Hidrolojik Toprak Grubu Değerleri.....	46
Çizelge 4.7. Profillerin AWC ve SYC Değerleri.....	46
Çizelge 4.8. Kumdere Havzası AWC ve SYC Değerleri.....	47
Çizelge 4.9 Kumdere Havzası Bulunan Hidrolojik Verileri	52
Çizelge 4.10. Havza Verileri ile Simülasyon Girdileri	53
Çizelge 4.11 Havza Verileri ile Simülasyon Sonuçları	54
Çizelge 4.12. Kumdere Havzası K1.DAT Hidrolojik Verileri için Optimizasyon	57
Sonuçları	57
Çizelge 4.13. Kumdere Havzası K16.DAT Hidrolojik Verileri için Optimizasyon	57
Sonuçları	57
Çizelge 4.14. Optimizasyon Sonrası Kumdere Havzasının Simulasyon Sonuçları.....	58
Çizelge 4.15 Kumdere Havzası Hidrolojik Parametreleri Oransal Hassaslık.....	65
Katsayıları	65
Çizelge 4.16. Kumdere Havzası CN (Eğri Numarası) Değerleri.....	66
Çizelge 5.1 Kumdere Havzası SWMHMS Modeli Simülasyon Sonuçları.....	69

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil.3.1. Kumdere Havzası Topoğrafik Haritası ve Thiessen Poligon Alanları	20
Şekil 3.2 Havza Alan-Yükseklik Eğrisi	21
Şekil .3.3 Kumdere Havzası Toprak Haritası	22
Şekil.3.4. SWMHMS Modelinin Akış Diyagramı.....	27
Şekil 4.1. Kumdere Havzası Hidrolojik Toprak Grupları.....	43
Şekil 4.2.Kumdere Havzası K1.DAT Verileri ile Simüle ve Ölçülen Aylık Akımlar...	56
Şekil.4.3 Kumdere Havzası K16.DAT Verileri ile Simüle ve Ölçülen Aylık Akımlar..	56
Şekil 4.4. Kumdere Havzası SQR Fonksiyonu ile Simüle ve Ölçülen Aylık Akımlar..	59
Şekil 4.5. Kumdere Havzası ABS Fonksiyonu ile Simüle ve Ölçülen Aylık Akımlar..	59
Şekil 4.6 Simüle ve Ölçülen Akımların Aylar Bazında Dağılımları.....	61
Şekil 4.7. Simüle ile Ölçülen Akımın Aylar Bazında Regresyon Doğrusu	62
Şekil 4.8. Kumdere Havzası Yıllık Akımların Dağılımı	63
Şekil 4.9. Kumdere Havzası Yıllık Akımların Regresyon Doğrusu	63
Şekil 4.10. Aylık Yağış, Evapotranspirasyon, İnfiltrasyon ve Tutulma Değerleri.....	65

KISALTMALAR

J	Gün
I	Ay
K	Yıl
AET	Gerçek günlük toprak evapotranspirasyon (inch)
AW	Toprak profilindeki elverişli su miktarı (inch)
AWP	Toprak profilindeki elverişli su yüzdesi
BSFL	Günlük taban akım (inch)
CK _t	Aylık su tüketim katsayısı (inch / °F)
CNI	Önceki toprak nemi şart I için SCS eğri numarası
CP _t	Aylık güneşli saatler yüzdesi
DPET _{I,K}	Toprak profilinden günlük potansiyel evapotranspirasyon (inch)
F	Evapotranspirasyon katsayısı
IGS	Yer altı rezervuarında mevcut su miktarı (inch)
INFIL	Günlük toprak infiltrasyonu (inch)
INTCP	Günlük yüzey/vejetatif tutulma (inch)
IRA	Başlangıçtaki yağmurun akımdan ayrılan kısmı (inch)
MAET _{I,K}	Simüle edilen aylık toprak evapotranspirasyonu (inch)
MBSFL _{I,K}	Simüle edilen aylık taban akım (inch)
MFOLW _{I,K}	Ölçülen aylık toplam akım (inch)
MINF _{I,K}	Simüle edilen toprak infiltrasyonu (inch)
MINT _{I,K}	Simüle edilen aylık yüzey/vejetatif tutulma (inch)
MONTEMP _{I,K}	Ortalama aylık sıcaklık (°F)
MPET _{I,K}	Toprakta aylık potansiyel evapotranspirasyon (inch)
MPREC _{I,K}	Aylık yağış (inch)
MRUN _{I,K}	Simüle edilen aylık toplam akım (inch)
OBJVAL _{AV}	İstatistik fonksiyon değerinin mutlak farkı (inch)
OBJVAL _{SS}	İstatistik fonksiyon değerinin farkının karesinin toplamı (inch)
PARAM _N	Altı hidrolojik havza parametresinin her birinin değeri
PERC	Günlük toprak perkolasyonu (inch)
PRECIP _{I,J,K} or RAINFALL	Günlük yağmur miktarı (inch)
RUNOFF	Günlük yüzey akım (inch)
S	Yağmurun akımdan ayrılan kısmı (inch)
SMX	Kuru toprak şartları altında maksimum yağmur tutulması (inch)
SRVAL _N	Havza parametrelerinin her birinin hassaslık oran değeri
TRUNOFF	Toplam günlük havza akımı (inch)
TWC	Toprak profilinin toplam su kapasitesi (inch)
ZZ _I	Ayın gün sayısı

1. GİRİŞ

Ülkemizde sulamaya ayrılabilir yer altı ve yerüstü su kaynakları potansiyeli toplam 105×10^9 m³/yıldır. Mevcut tarım alanının 28×10^6 ha olmasına karşın, yaklaşık 4.5×10^6 ha alan sulanabilmektedir. Ayrıca, Türkiye’de % 6 eğimi aşmayan 13.6×10^6 ha alanın, günümüz koşullarında ekonomik olarak sulanabileceği yaklaşımları yapılmakta, ancak kullanılan sulama teknolojileri göz önüne alındığında mevcut su kaynakları ile 8.5×10^6 ha alanın sulanabileceği hesaplanmaktadır (Yüksel, 1993).

Dünya nüfusunun ve kişi başına su tüketiminin hızla artışı sonucu ülkelerin su potansiyelleri ve onları en verimli bir şekilde kullanmaları ön plana çıkmıştır. Bu sebeple gelişmiş ülkeler kaynaklarını en iyi şekilde kullanmak için mevcut su kaynaklarını tespit etmek ve havza su verimlerini tahmin etmek için çalışmalar başlatmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda hidrolojik modeller geliştirilmeye başlanmıştır.

Akarsu akımlarını, yağış gibi birçok tabiat olayının rasgele değiştirdiği yüzyıllardır bilinmektedir. Hidroloji ise bu tabiat olaylarının incelenmesi amacıyla istatistiğin kullanıldığı bilim ve mühendislik dallarının ilklerindendir. Hidroloji özel olarak yerküredeki suyun hareketini, özelliklerini ve çevre ile ilişkilerini incelemektedir ve gözlemlere dayanmaktadır. Tüm problemler bir model yardımı ile incelenmektedir. Bu model bir deneysel bağlantı, bir fiziksel araç, mantık yolu veya bir matematik istatistik ve/veya deneysel bağlantıların bileşiminden oluşabilir. Genelde hidrolojik modelleri deterministik, parametrik, stokastik şeklinde gruplamak mümkündür (Duranyıldız,1994).

Su kaynaklarının geliştirilmesine ilişkin ilk kapsamlı rapor 1950 yılında yayınlanmıştır. 1955 yılında ise A.B.D.’nin Harward Üniversitesinde bir Su Kaynakları

Programı başlatılmıştır. Bu programın amacı, modern kompleks su kaynağı sistemlerinin planlanması ve projelenmesinde metodoloji geliştirmektir. Geliştirilen metodolojinin temel amaçları alternatiflerin, daha ileri analizler için elverişli projelerin tanınmasına olanak verecek biçimde elenmesi, optimal projenin belirlenmesi için alternatif sistemlerin detaylı biçimde analiz edilmesidir. Daha sonraki çalışmalarda ise ekonomik amaçlar ile mühendislik analizi ve planlamanın ilişkilerini kuran yeni teknikler geliştirilmiştir. Ön eleme ve ayrıntılı analiz için uygun olan bu teknikler, analitik modeller ve sayısal bilgisayar benzetme (simülasyon) modellerinden oluşmuştur (Balaban, 1986)

Uzun yıllardır dünyada iklim değişiklikleri, doğal kaynakların tükenme durumuna geldiği, özellikle de Türkiye’de toprakların erozyonla kaybolduğu, suyun ekonomik olarak kullanılmadığı ve suyun toprağa ulaştırılmadığı çeşitli ortamlarda dile getirilmektedir.

Küresel ısınmadan dolayı özellikle su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi öngörülen olumsuz yönlerinden ülkemizin etkileneceği, küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasında yer aldığı belirtilmektedir. Türkiye’nin kurak ve yarı kurak alanlarındaki, özellikle kentlerdeki su kaynakları sorunlarına yenileri eklenecek, tarımsal ve içme amaçlı su ihtiyacı daha da artabilecektir (Gökalp, 2001).

Günümüzde, belirli bir bölgedeki su ve öbür doğal kaynakların kapsamlı bir biçimde planlanması düşüncesi giderek daha çok kabul görmektedir. Uluslararası ya da ulusal düzeydeki çoğu planlama kuruluşu, ekonomik gelişmeyi bölgedeki su kaynaklarının geliştirilmesinden ayrı düşünmemektedir. Bölgesel su planı, çoğu kez öteki ekonomik faaliyetlerin planlanmasında bir çekirdek oluşturmaktadır (Balaban,1986).

Türkiye`de su kaynaklarını, özellikle küçük havzalarda değerlendirip geliştirmek için tanımlayıcı ve tahmini bilgisayar modellerinin kullanımının gelişmiş ülkelere kıyasla, çocukluk evresinde olduğu söylenebilir. Uygun bilgisayar simülasyon modellerinin kullanılması sayesinde Türkiye`deki su kaynaklarının davranışları daha iyi anlaşılacaktır (Anonymus, 1995).

Su toplama havzalarındaki temel projelendirme kriteri havza su verimini tespit etmektir. Havza su verimi havzadaki yıllık akış miktarının havza alanındaki yüksekliği (mm) veya yıllık su hacmi (m^3) olarak belirlenir. Proje alanında akım değerleri var ise bunlardan yararlanılır. Yeterli bilgi mevcut değilse benzer özellikteki havzaların hidrolojik ve meteorolojik bilgilerinden yararlanılarak projelendirmeye gidilir.

Çoğu havzalarda akım gözlemlerinin yapılmaması veya yapılan gözlemlerin yetersiz olması, havza su verimi ve taşkın tahminlerinde ampirik ya da sentetik yöntemlerin kullanılmasını ve genellikle bu yöntem sonuçlarının esas alınarak projelemenin yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Havza Yönetimi Araştırma Grubu tarafından araştırma havzalarında değişik yağış-akış modellerinin uygulaması yapılarak küçük havzalarda uygulanabilir yağış-akış modeli belirlenmeye çalışılacaktır. Bu çalışmalara hız verilmesi ve ülkemizin farklı fiziksel koşullarında uygulanabilir gelişmiş tekniklerin ortaya konulması hedefimiz olmalıdır (Dalgün, 2000).

Ülkemizin bulunduğu ekolojik konum ve sahip olduğu 26 büyük su toplama havzasının büyüklükleri ve içerdiği binlerle ifade edilecek alt havzaları da dikkate alındığında topoğrafya, bitki örtüsü, jeoloji ve toprak özellikleri bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Bu sebeple de havzalarda yapılacak olan su toplama yapılarındaki temel projelendirme kriteri olan yıllık su verimini ve diğer hidrolojik verileri bulmada büyük güçlükler oluşturmaktadır.

Ülkemizde işletmede bulunan bazı göletlerde yapılan gözlemlerde özellikle havza yıllık su verimi tahminlerinde önemli miktarda sapmalar olduğu belirlenmiştir. Bir kısım göletlerde su yılı içerisinde projede belirlenen kapasitelerin aşıldığı ve dolu savakların uzun süreli çalıştığı, bir kısım göletlerde ise beklenen kapasitenin oluşmadığı, su seviyesinin normal su kotundan çok aşağıda kaldığı gözlenmiştir. Bu bağlamda bu araştırma sonuçlarının su kaynaklarının depolanmasında ülkemizin kıt olan kaynaklarının etkin kullanılmasına özellikle de gölet kret yüksekliğinin belirlenmesine fayda sağlaması beklenmektedir.

Türkiye'nin hidrolojik koşullarına ve derlenmiş olan mevcut veri tabanına uygun, farklı hidrolojik bilgisayar modelleri ile çalışarak, ülke şartlarına uygun modellerin seçilmesi ve bilgisayar modelleme kavramının benimsenilerek test edilmesi konusunda pratik deneyimlerin kazanılarak yatırımcı kuruluşa sunulması gerekmektedir.

Bu çalışmada Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsünün hidrolojik araştırma havzalarından olan Edirne-Merkez Kumdere Havzasında ölçülen 17 yıllık yağış ve akım verileri ile havzada iki yıl boyunca yapılan çalışma sonucu elde edilen hidrolojik parametreler SWMHMS modelinde kullanılarak ölçülen akımlar ile simüle edilen akımlar karşılaştırılacaktır. Havza su veriminin tahmininde yatırımcı kuruluşun kullandığı amprik bir model olan TURC metodu ile elde edilen havza yıllık su verimi, SWMHMS Modeli ile bulunan havza yıllık su verimiyle karşılaştırılacaktır. Su kaynaklarının depolanmasında önemli bir kriter olan havza yıllık su verimini hesaplamada kullanılan SWMHMS modelinin Edirne-Kumdere havzasında uygulanabilirliğinin test edilmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Soykan (1977) toprak ve su muhafazası tedbirleri için maksimum taşkın debisinin hesaplanmasında Rasyonel Metodun, dolu savak kapasite hesaplamalarında ise Amerikan Toprak Muhafaza örgütüncé kabul edilen hidrograf metodunun kullanılmasında bir sakınca olmadığını belirtmiştir. Ancak fonksiyonu tamamen veya kısmen depolama olan tesisleri boyutlandırmak için bilinmesi gerekli havza su veriminin belirlenmesinde gerçekten tam olarak uygun bir metodun tavsiye edilmesinin mümkün olmadığını belirtmiştir. Su veriminin belirlenmesinde Amerikalı rezervuar mühendisi Brehm'in önerdiği metodun; iki yılda bir düşen 24 saat süreli yağışın, yağış-akış grafiğinden yüzey akışa geçen kısmının bulunması esasına dayandığını ve bunun üzerinde çok tartışılacak bir yaklaşım olduğunu belirtmiştir. Yazar yıllık su veriminin, yıl içersinde düşen yağış miktarına, şiddetine ve havza şartlarına göre farklı olabileceğini belirtmektedir. Su veriminin teorik olarak havza şartlarına göre günlük yağışların verdiği yüzey akışların toplamı olduğunu, buna yeraltına sızmaların oluşturacağı yeraltı suyunu ilave edilmesini ifade etmektedir. Projede kullanılması gereken yıllık su veriminin, sulama planlamasının istediğı olasılıkla (% 50-80) meydana gelen su verimi olduğunu belirtmiştir. Bu bakımdan % 50-80 olasılıktaki su verimini bu olasılıklar aralığındaki yağışlar vermediğinden konunun daha karmaşık bir hal aldığını söylemektedir. Böylece Brehm'in görüşünün çok pratik görünmesine rağmen hidrolojik devreye uygun gelmediğini.ve uygulamalarda iyi sonuç vermediğini belirtmiştir.

Haan ve ark. (1982) hidrolojik sistem analizi, tahmin ve optimizasyonun su kaynaklarının dizaynında temel aktiviteler arasında olduğunu belirtmişlerdir. Hidrolojik sistem analizinin uygun bir hidrolojik model seçmeyi ve seçilen modelin uygulama analizlerini test etmeyi içerdığını ifade etmişlerdir. Uygun hidrolojik model seçildiğı zaman, bu modelin bir su kaynağı sisteminin yapısal öğelerine uygun hidrolojik girdileri tahmin etmek için kullanıldığını belirtmişlerdir. Yapısal öğelerin çeşitliliğı veya sayısı, yeri ve tipi sistem performansının değerlendirilmesindeki optimum çözümleri bulmak

için değiştirilebilmektedir. Yazarlar hidrolojik modellemede kısımlara ayırmaya ve basitleştirmeye kesinlikle gereksinim olduğunu ifade etmektedirler. Hidrolojik modellerin bazı şartlar altında kesin ya da olasılık seviyesinde tahminler yaparak doğal olayları daha iyi anlamak veya açıklamak için kullanıldığını belirtmişlerdir.

Soykan (1982) havza su veriminin ampirik olarak belirlenmesinde Turc metodunda 300 olarak verilen katsayıyı Türkiye’de mevcut 26 büyük su havzasında ilgili verileri kullanarak havzalar için farklı değerler elde etmiştir. Meriç-Ergene, Marmara, Kızılırmak ve Van havzaları için formüldeki 300 katsayısını kullanmanın hatalı olmayacağını, Antalya havzası için ise havza akımının yağıştan çok olması sebebiyle bir katsayı elde etmenin manasız olduğunu kaydetmiştir.

Williams ve ark. (1985) Oklahoma-Chickaska yakınlarındaki 538 km² büyüklüğündeki havzada SWRRB-WQ modelini test etmişlerdir. % 18’i tarımsal kullanımlı, % 66’sı mera ve % 16’sı da tarım dışı yapıya sahip havza toprak, arazi kullanımı ve topoğrafik farklılıklar sebebiyle 4 alt havzaya bölünerek 1971-1981 yılları için simülasyon yapılmış; gözlenenle simüle edilen yüzey akış ve sediment verimleri ortalamaları arasındaki fark, t testi sonuçlarına göre % 5 seviyesinde farklı çıkmamıştır.

Arnold ve Williams (1987) kırsal havzalarda su dengesi ve bununla ilgili işlemleri simüle etmek için geliştirdikleri SWRRB-WQ modelini farklı iklim, toprak, arazi kullanımı ve yönetimi koşullarında Birleşik Devletler Tarım Bakanlığına ait 11 havzada test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda su veriminin ölçülen değerlere yakın olduğunu belirtmişlerdir. Modelin içerdiği temel işlemlerin yüzey akış, sızma, su döngüsü, evapotranspirasyon, gölet ve rezervuar depolaması ve sedimentasyon olduğunu ifade etmişlerdir. Kullandıkları bu modeli, kompleks bir hidroloji modelini olan CREAMS modelini modifiye ederek kırsal havzalarda yaygın olarak kullanmak istemişlerdir.

Capece ve ark. (1989) Florida'nın Flatwoods bölgesindeki havzalarda feyezanların toplam akım miktarını tahmin etmek için 4, pik debilerini tahmin etmek için ise 6 farklı metodu kullanmışlardır. Bu yöredeki havzalarda topoğrafik yapı son derece düz, toprak kumlu ve değişken sığ su seviyesine sahip ve ıslak alanlardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Toplam akımı tahmin etmek için kullanılan metotlarda SCS'nin akım eşitliğini kullanmışlardır. Toplam akımı tahminde en iyi sonuçları ARS, DRM ve CR-1 metotlarının gösterdiğini belirtmişlerdir. Pik debiyi tahminde ise en iyi performansı yüzey akım tekniklerini kullanan SFWMD modelinin verdiğini belirtmişlerdir.

Pathak ve ark (1989) modifiye edilmiş SCS akım modelini ve toprak nem içeriği yöntemini küçük havzalarda akım simülasyonu için kullanmışlardır. Modelin kullanılabilirliğini ve toprak nem içeriği yöntemini Hindistan'daki ICRISAT Merkezinde vertisol topraklara sahip küçük havzalardan toplanan hidrolojik verileri kullanarak test etmişlerdir. Araştırmacılar ölçülen ve simüle edilen günlük, aylık ve yıllık akım arasında oldukça benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Savabi ve ark. (1989) ERHYM-II ve SWRRB modellerini her bir yağış olayından sonra yüzey akışı tahmin etmek için kullanmışlar. Her iki modelde SCS eğri numarası metodunu kullanmaktadır. ERHYM-II ve SWRRB modelleri arasındaki yöntem farkının evapotranspirasyon, toprak su hareketi ve bitki yetiştirme bileşenleri olduğunu belirtmişlerdir. Modelleri fundalıkların hakim olduğu, kontrollü otlak olarak kullanılan havzalarda değerlendirmişlerdir. Yazarlar her iki modelin de bu tip havzalarda su verimi simülasyonunda kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Binger (1990) akım ve erozyonu tahmin etmek için kullanılan CREAMS, SWRRB, ANSWER, EPIC ve AGNPS modellerini incelemiş. Akımı ve erozyonu tahmin etmede modellerin hemen hepsi akımı tahmin etmek için Amerikan Muhafaza Servisinin geliştirmiş olduğu Curve Number (Yüzey akış eğri numarası) metodunu,

erozyonu tahmin etmek için USLE parametrelerini ve çeşitli formlarını kullandığını belirtmiştir. Modeller arasında tespit edilen benzerlikler ve farklılıkların model kullanıcıları tarafından dikkate alınarak modeli seçme uygulama ve geliştirmede önemli rol alacağını, ayrıca yukarıda belirtilen beş modelin kullandığı eşitliklerin en son geliştirilen eşitlikler olduğunu belirtmiştir. Bu modellerin yatırımların geliştirilmesinde kullanılmalarına ek olarak erozyon ve akımı tahmin etmede yeni model modifikasyonlarında da kullanılabileceğini vurgulamıştır.

Wilcox ve ark. (1990) A.B.D.'de Teksas, Oklahoma, Arizona, Nebraska, ve Idaho Eyaletlerinde arazi kullanımı mer'a olan ve akım ölçümleri olmayan altı havzada akımı tahmin etmek için iki farklı hidrolojik model kullanmışlardır. Bu modellerin birinde SCS'nin CN(eğri numarası) metodunu, diğerinde ise Green ve Ampt eşitliğini kullanılmıştır. Her iki modelin kalibrasyonu iyi olmakla beraber akımı tahmin etmede Green ve Ampt eşitliğini kullanan modelin daha iyi neticeler verdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar akım ve infiltrasyon üzerine arazi kullanımının etkisini tahmin etmede karmaşık ve fiziksel temellere dayalı modellerin kullanılmasının yararlılığını ifade etmektedirler.

Nash ve Gleick (1991) Amerikan Meteoroloji Servisi tarafından geliştirilen kavramsal bir hidrolojik modeli Colorado nehrinin alt havzalarındaki yüzey akışın duyarlılığını belirlemek için kullanmışlardır. Sıcaklıktaki 2 ve 4 °C'lik artışın, yıllık ortalama akımı sırasıyla % 4-12 ve % 9-21 azalttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar yıllık yağıştaki % 10-20 azalma veya artmanın yıllık akımda aynı oranda değişikliğe sebep olduğunu ifade etmişlerdir.

Shashi ve ark. (1991) tarafından girdi olarak kar örtüsü haritaları, sıcaklık ve yağış gibi meteorolojik verilerin kullanıldığı SMR (Snowmelt Runoff Model) kar erimesi akımı modelini farklı havzalarda başarılı bir şekilde uygulamışlardır.

Van Mullem (1991) A.B.D.'nin Montana ve Wyoming Eyaletlerindeki 12 havzada Green-Ampt İnfiltrasyon ve SCS eğri numarası modelini kullanarak 99 yağış olayı için akımı tahmin etmek istemiştir. Sonuçta Green-Ampt infiltrasyon modelinin akım hacmini ve pik debiyi SCS eğri numarası modeline göre daha iyi tahmin edebileceğini açıklamıştır.

Wilcox ve ark. (1991) A.B.D. 'de Idaho Eyaletinin Güneybatı kesiminde farklı kotlarda ve iklimlerdeki çalı formu ile kaplı beş havzada mevcut uzun yıllar verilerini SWRRB modeli kullanarak akım ve yağış arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu havzalarda yıllık akım miktarı 1 mm ile 500 mm arasında değiştiğini ve kurak havzalarda akım ile yağış arasındaki korelasyon azaldığını belirtmişlerdir. SWRRB modelinin yüksek kottaki havzalarda yıllık akım miktarını başarılı bir şekilde tahmin ettiğini ve burada su bütçesinin % 50 sinin akımdan oluştuğunu, donmuş topraklardan gelen akım önemsiz çıktığını yıllık akım ile yıllık yağmur arasında kuvvetli bir korelasyon bulunduğunu ifade etmişlerdir. Daha düşük kottaki havzalarda havza su bütçesinde akımın payı % 1-7 arasında oluştuğunu, donmuş topraklardan gelen akım önem arz etmediğini ve böyle havzalarda yıllık akım ile yıllık yağmur arasında zayıf bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir.

Bhaskar ve ark. (1992) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin kullanımının, havza akımını modelleme kolaylığı için ihtiyaç duyulan hidrolojik parametreleri sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Akım simülasyonu sonuçları, model kullanılarak gözlenen verilerle iyi bir uyum göstermesine rağmen araştırmacılar bu çalışma ile ihtiyaç duyulan jeomorfolojik ve uzaysal veri tabanlarının akım modellerinde CBS'ni kullanmanın avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymuşlardır.

Binger ve ark. (1992) ABD'nin Mississippi Eyaletinde yüksek eğimli, düze yakın eğimli ve teraslanmış 3 farklı havzada farklı yağış olaylarında (0-13, 13-25, 25-50, 50-75 ve >75 mm) akımı ve erozyonu tahmin etmek için CREAMS, SWRRB, EPIC,

ANSWER ve AGNPS modellerini test etmişlerdir. Sonuçta bütün modellerde yağış-akım ve erozyon arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla beraber eğim ile modeller arasındaki regresyon değerleri oldukça farklı sonuçlar vermiştir. Sadece CREAMS ve SWRRB yüksek eğimli havzada gözlenen akım ve sedimenti % 20 oranında tahmin etmiş, SWRRB ve AGNPS ise düze yakın eğimli havzada başarılı tahminde bulunmuş. Modellerin hiçbirinin teraslanmış havzada başarılı bir tahminde bulunamadığını belirtmişlerdir.

Lee (1993) hidrolojik model yaklaşımlarında 2 devre matematiksel yaklaşımlarını tarif etmektedir. Mevcut durum ve değişim diyagramlarının hidrolojik olaylardaki ilişkiyi anlamada temel dayanak olduğunu belirtmiştir. Bu yaklaşımı anlamada ve hidrolojik modellemeyi öğretmede STELLA programının iyi bir araç olduğunu ifade etmiştir.

Chiew ve McMahon (1994) günlük yağış-akım modeli olan MODHYDROLOG modelini Avustralya'nın farklı iklim ve fiziksel karakteristiklere sahip 28 havzasında, potansiyel evapotranspirasyon ve yağış verilerini kullanarak akımı tahmin etmek için kullanmışlardır. Her bir havzada 4 simülasyon şekli araştırılmıştır. Bu simülasyonlar, her seferinde model kalibrasyonu için farklı sayıda model parametresinin optimizasyona sokulmasıdır. Bunlar sırasıyla 19 havza parametresinden 17 si, 9 u , 4 ü ve 0 yani optimizasyon yapılmadan kalibrasyondur. Çalışma sonucunda en uygun akımları 9 havza parametresinin optimizasyonu neticesinde çıkan sonuçların verdiğini belirtmişlerdir. Bir de ılıman iklimli havzalarda yaklaşık akım tahmin etmek istendiğinde 4 ya da 5 havza parametresinin optimizasyonu ile yapılan simülasyonun yaklaşık sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca belli model parametrelerinin havza karakteristikleri ile ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Bununla beraber bazı önemli havza parametre değerlerini tahmin etmenin çok zor olduğunu belirtmişlerdir.

Johansson ve ark. (1994) Güney İsveç'in ölçüm yapılmayan farklı arazi kullanımı ve jeolojiye ayrıca göl seviye düzeyleri düşük, homojen iklim gösteren 11 havzada haftalık ve aylık akımları hesaplamak için kavramsal bir model kullanmışlardır. Model performansını belirlemek için havza karakteristikleri ve model parametreleri arasında bir ilişki bulmaya çalışmışlardır. Havza karakteristikleri standart haritalardan, dataları ise meteorolojik verilerden almışlardır. Simüle edilen toplam akım ile ölçülen akım sonuçlarında modelin başarılı olduğunu vurgulamışlardır. Fakat yıllık akım hidrografında minimum ve maksimum akımlara havza karakteristiklerinin etkisini belirlemede zorlukla karşılaşmışlardır.

Önal ve Usul (1994) küçük havzalarda yüzey akış miktarının bulunmasında kullanılabilecek parametrelerin tayini için, Türkiye'nin değişik hidrolojik bölgelerinde üzerinde gözlem yapılmış 15 küçük havzadan elde edilen verilerden faydalanarak, bu havzalarda yüzey akışın havza parametreleri ile ilişkisini incelemişlerdir. Çalışmada seçilen havzaları tanımlayıcı parametreler ile havzanın hidrolojik değişkenleri arasında istatistiksel korelasyonlar araştırmışlar, ayrıca faktör analizi tekniğinden yararlanılarak, havza parametrelerini özelliklerine göre gruplandırmışlardır. Böylece önemli parametrelerin sıralı çoklu regresyon denkleminde kullanma olanağını elde edilmişlerdir. Sonuç olarak, bir havzadan gelebilecek yıllık toplam yüzey akış miktarını mm olarak bulmakta kullanılabilecek değişkenleri; havzaya düşen ortalama yağış, havzanın ortalama eğimi ve drenaj yoğunluğu olarak bulmuşlardır. Üç bağımsız değişkenli regresyon analizi sonuçlarına göre korelasyon katsayısı 0.73 olarak belirlemişlerdir.

Özgüler ve Usul (1994) yıllık ortalama akımlardan hareketle Sakarya havzasında yağış alanı 500 km² den küçük 10 adet akım gözlem istasyonunun drenaj alanından toplanan verileri, çoklu regresyon ile analiz etmişlerdir. Bu bulguları Turc ve Coutagne gibi mevcut ampirik yöntemlerle karşılaştırmışlardır. Eşitliklerin hepsinde, akım ve bitki örtüsü faktörü arasında ters orantılı bir ilişkinin söz konusu olduğunu ve

sadece bitki örtüsü faktörünü belirlemek suretiyle, Sakarya havzasındaki küçük alt havzalarda yıllık bazda bir akım tahmini yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Allred ve Haan (1996) geliştirdikleri SWMHMS modelini A.B.D.'nin farklı bölgelerindeki değişik iklim ve arazi kullanımına sahip 6 havzada test etmişlerdir. Modelin aylık akım miktarlarında büyük kar yağışları dışında oldukça güvenilir sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Modelde kullanılan havza parametreleri içinde aylık akımları hesaplamada en hassas olanın CN(eğri numarası) olduğunu vurgulamışlardır. Yazarlar, bu sonuçların kırsal havzalarda su yönetimi kararlarında SWMHMS modelinin önemli oranda faydalı olabileceğini ifade etmektedirler. Araştırmacılar çalıştıkları havzalarda SWMHMS modeli ile buldukları korelasyon değerlerini aynı bölgelerde kullandıkları modele göre daha fazla kompleks bir model olan CREAMS modelinin korelasyon değerleri ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak tahmin ile gözlenen aylık akımlar arasındaki korelasyon yönüyle karşılaştırıldığında SWMHMS modelinin CREAMS modeline göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Kuchment ve ark. (1996) fiziksel temellere dayalı yağış-akım modelini Kuzey Yorkshire'de Ouse nehri havzasında (3315 km²) uygulamışlardır. Model yüzey akım, yüzey altı akım, topraktaki düşey su hareketi, buharlaşma ve nehir yataklarındaki kanal akımı tahmin etmektedir. Araştırmacılar, model sonuçlarını 1987-1990 tarihleri arasındaki ölçülen günlük akımlar ile karşılaştırmışlardır. Modelin havza akımlarını yeterli doğrulukta tahmin ettiğini belirtmişlerdir.

Özgüler (1996) yağış-akış sürecinin incelenmesi ve havzayı en uygun olarak temsil eden hidrolojik modelin belirlenmesi amacıyla kavramsal bir model çalışmasını Ankara Güvenç Havzasında ele almıştır. Gözlenmiş yağış ve akış verilerinden gidilerek bu havzanın hidrolojik modelini kurmuştur. Bu çalışmanın bir havzada süregelen yağış-akış sürecinin matematiksel simülasyon yoluyla analizine bir örnek olabileceğini belirtmiştir. Bu çalışmada; araştırmacı yağış-akış modellemesinin basitleştirilmiş

uygulamasını, bir havzada meydana gelebilecek yağış-akış sürecinin daha iyi anlaşılmasını ve herhangi bir havzanın hidrolojik sisteminin analizi konusunda planlamacı mühendislerin aydınlatılmasını hedeflemiştir.

Birpınar (1997) taşkın debilerinin belirlenmesinde SCS-SA paket programını İstanbul Kemiklidere Havzasında uygulamış ve alınan sonuçları diğer sentetik metotlarla karşılaştırmıştır. Yapılan çalışma neticesinde yazar SCS-SA 1, D.S.İ. Sentetik Yöntemi ve Mocus Yöntemi uygulamalarının, yöntemlerin kullanım sınırları ve yapılan kabuller dikkate alındığında birbirleriyle uyumunu belirtmiştir

Ashraf ve ark. (1998) A.B.D'de Idaho Eyaletinin Güneybatısında mera alanları ile kaplı Reynolds deresi deneme havzasında küçük parsellerde ($0,10 \text{ m}^2$), geniş parsellerde (33 m^2), ve havzada (1.25 ha) gelen akımı tahmin etmek için WEPP modelinin performansını araştırmışlar. Geniş parseller ve havza için küçük parsel için iyileştirilmiş hidrolik kondaktivite K_e değerlerini kullanarak alan ağırlıklı ortalama K_{ewm} değerini belirlemişlerdir. Bu değeri kullanarak gözlenmiş akımlar ile tahmin edilen akımlar arasında geniş parseller ve havzada iyi bir ilişki belirlemişlerdir.

Karabörk ve Kahya (1998) yıllık ve periyodik (aylık) seriler için çok değişkenli zaman serilerinin modellenmesinde yaygın kullanımları olan çok değişkenli otoregresif (AR) ve çok değişkenli otoregresif-hareketli ortalama (ARMA) modellerini ele alarak Sakarya Havzasındaki 12 adet istasyonda ölçülen aylık akımların çok değişkenli periyodik stokastik (rastgele) modellerini kurmuşlardır. Seçilen istasyonlar için yapılan ön analiz sonucunda, modellemenin ilk olarak birinci dereceden çok değişkenli otoregresif model olan AR(1) ile yapılmasının uygun olduğunu belirtmişlerdir. Kurulan model ile üretilen sentetik serilerin çapraz korelasyon yapılarının incelenmesinin sonucunda, modelin tarihi seriye ait çapraz korelasyon yapısını korumadığı görülerek modeli başarısız bulmuşlardır. Ön analiz aşamasında elde edilen korelogramlardan, tarihi serinin, uzun dönemli bir zaman bağımlılığı olduğunu belirtmektedirler. ARMA

modellerinin, AR modellerine nazaran daha uzun dönemli bir hafızayı benzetebildikleri için; ikinci alternatif olarak, modellemenin çok değişkenli otoregresif-hareketli ortalama (ARMA) modelleri ile yapılmasının uygun olacağını belirtmişlerdir. Modellemeyi ARMA (1,1) modeli ile gerçekleştirilmiştir. Bu model ile üretilen sentetik serilerin istatistiksel karakteristikleri üzerinde yaptıkları inceleme neticesinde, kurulan çok değişkenli periyodik ARMA (1,1) modelinin, tarihi serilerin hem ayrı ayrı istatistiksel özelliklerini, hem de ortak çapraz korelasyon yapısını koruduğunu ve modelin başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Karaş (1998) Kurukavak deresi havzasından gelen yüzey akışları, ABD'de kırsal havzalarda su dengesi ve bununla ilgili işlemleri simüle etmek için geliştirilen SWRRB-WQ (Simulator for Water Resources in Rural Basins - Water Quality) hidroloji modelini kullanılarak simüle etmiştir. Havzada 1995 ve 1996 yılı verileri kullanılarak yapılan çalışmada modelin evapotranspirasyon değerlerini belirlemede toprak evaporasyonunu ve bitki transpirasyonunu ayrı ayrı hesaplayan Ritchie (1972) modeli kullandığını; aylık yüzey akış değerleri Amerikan Toprak Muhafaza Servisince geliştirilen yüzey akış eğri numarası (CN-II) yöntemi kullandığını belirtmiştir. Modelin 1995 yılı için kabul edilebilir sonuçlar ortaya koyarken, 1996 yılı için gözlenen ve simüle edilen değerler arasında dikkate değer farklılıklar verdiğini belirtmiştir.

Aksoy ve Bayazıt (2000) kuruyan akarsularda günlük akımların türetilmesi için geliştirdikleri modeli Trakya Bölgesinde, Şeytan Deresinin 35 yıllık günlük verilerini kullanarak test etmişlerdir. Modelin Markov zincirine dayanmakta ve dört aşamadan oluşmakta; (1) Akım oluşan günlerin belirlenmesi, (2) Akımın bir önceki güne göre arttığı günlerin belirlenmesi, (3) Akımdaki artışın belirlenmesi, (4) Akımdaki azalmanın hesaplanması olduğunu belirtmişlerdir. Modelin ilk iki adımında iki adet 2-durumlu Markov zinciri kullandığı, üçüncü adımda akımdaki artışların gama dağılımına sahip olduğu, son adımda da hidrografın çekilme eğrisinin eksponansiyel azaldığı kabul edilmiştir. Model için gerekli parametreler aylık zaman aralığında günlük akım verileri

kullanılarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar modelin 35 yıl uzunluğundaki bir akım serisine yapılan uygulamasında, akım değerlerinin uzun süreli karakteristiklerinin yanı sıra kısa süreli karakteristiklerinin de korunduğunu belirtmişlerdir.

Tekeli (2001) Kuzey California'da 26 km²'lik Ward Creek havzasında PRMS adlı yağış-akım modelinin uygulama çalışmaları ve sonuçlarını ele almış ve bu model ile yağış, iklim ve arazi kullanımının havzanın yüzey akış ve genel hidrolojisi üzerindeki etkileri belirlemiştir. Havzanın 8 yıllık hidro-meteorolojik günlük verileri yağışlı ve kurak periyotlarda ayrı ayrı simüle etmiş ve sonuçları ölçülmüş akım değerleri ile karşılaştırmıştır. Araştırmacı simülasyon sonuçlarına göre, havzanın toplam akım miktarına kurak dönemlerde yer altı suyundan, yağışlı dönemlerde ise yüzey altı suyundan önemli katkıların olduğunu belirtmiştir

3. MATERYAL ve METOT

3.1 MATERYAL

3.1.1. Araştırma alanı

Araştırma havzası, Edirne İl'inin yaklaşık 10 km kuzeybatısında, merkez ilçeye 10 km mesafededir. Musabeyli, Hıdırağa ve Karayusuf köylerinin sınırları içerisindedir. Havza alanı 4.40 km² dir.

Havza çıkışı, 41⁰ 40' 59" Kuzey enlem, 26⁰ 40' 09" Doğu boylamlarında olup, denizden yüksekliği 115 m`dir.

3.1.2 İklim özellikleri

Havzaya en yakın meteoroloji istasyonu olan Edirne ili uzun yıllar meteorolojik verileri Çizelge-3.1`de verilmiştir. Havzanın genel iklim özelliği, kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçmektedir.

3.1.3 Havzanın jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri

-Havza alanı	(A)	4.40 km ²
-Havza çevre uzunluğu	(P)	9.50 km
-Havza uzunluğu	(L _H)	3.45 km
-Havza genişliği	(W _H)	1.28 km
-Havza max. ve min. yükseklikleri	(h _{max.})	154 m.
	(h _{min})	115 m
-Havza röliyesi ve nisbi röliyef	(r)	39
	(r _n)	% 0.041
-Havza yöneyi		Kuzey-Güney
-Havzanın ortalama yükseltisi	(h _{or})	139.5 m.
-Havza median yüksekliği	(h _m)	135 m
-Havza ortalama eğimi	(S _H)	% 4.0
-Havza şekil indisleri		
Ana su yoluna bağlı indis	(S ₁)	2.71
Havza uzunluğuna bağlı indis	(S ₂)	2.86
Dairesellik oranı	(S ₃)	0.61
Sıkışıklık indisi	K _c	1.27
-Havza dikdörtgen eşdeğeri	L _a	3.49 km
	L _b	1.26 km
-Havza dikdörtgen eşdeğerine göre		
eğim indisi	I _p	% 3.25
-Ana su yolu uzunluğu	(L _s)	3.55 km
-Toplam su yolları uzunluğu	(L _u)	12.50 km

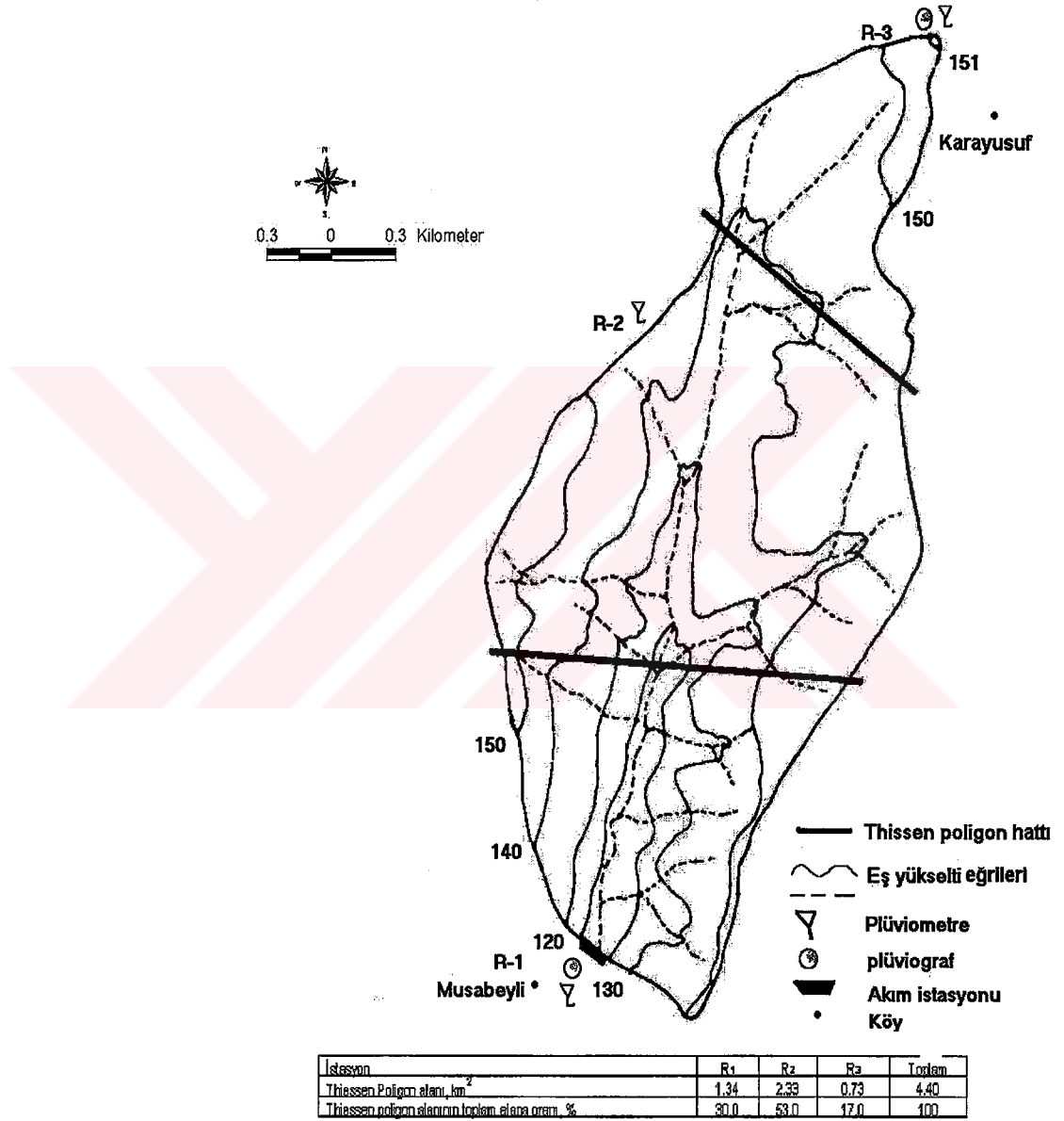
-Havza ağırlık merkezinin ana su yolu üzerindeki izdüşümünün havza çıkışına olan mesafesi	(L_c)	1.85 km
-Ana su yolu profil ve eğimi	S_s	% 0.9
-Ana su yolu harmonik eğimi	S	% 0.936
-Dallanma oranı (Bifürkasyon oranı)	(R_b)	4.40
-Drenaj yoğunluğu (1/25000`lik haritadan)	(D_d)	2841 m/km ²
-Su yolları frekansı(1/25000`lik haritadan)	(F_r)	5.68 su yolu/km ²

Araştırma havzasının eş yükselti eğrileri, havza sınırı ve drenaj ağı Şekil 3.1`de verilmiştir.

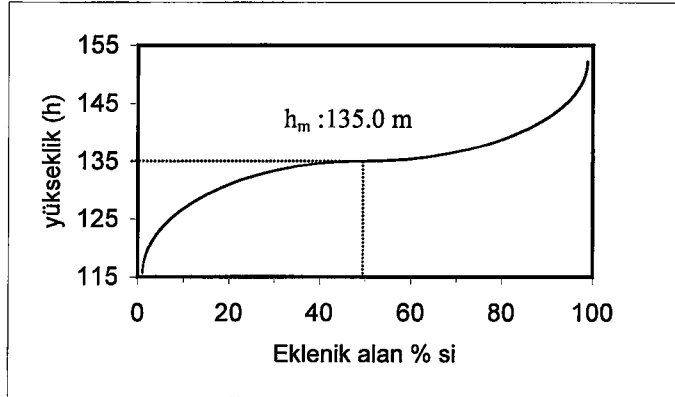
Havza su yollarının mertebelerine göre drenaj ağının durumu Çizelge-3.2`de Havza alan-yükseklik eğrisi Şekil 3.2`de verilmiştir.

Çizelge-3.2 Kumdere Havzası Su Yolu Sayıları

Mertebe (u)	Su yolu sayısı (Nu)	Uzunluk (km)
1	19	7.45
2	5	2.05
3	-	3.00
Toplam	26	12.50



Şekil.3.1. Kumdere Havzası Topoğrafik Haritası ve Thiessen Poligon Alanları



Şekil 3.2 Havza Alan-Yükseklik Eğrisi

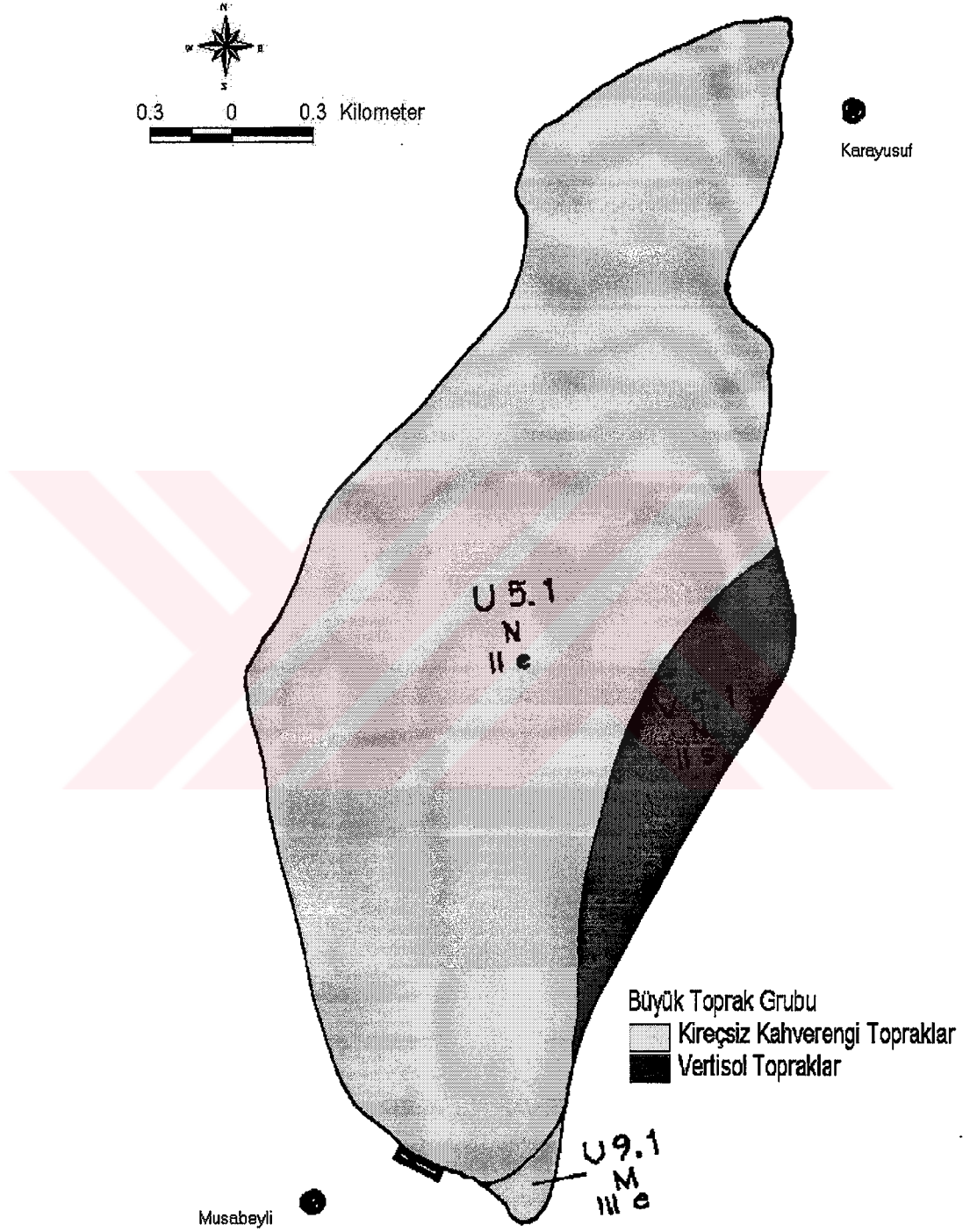
3.1.4 Havzanın toprak, jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri

Mülga TOPRAKSU Genel Müdürlüğünce yayınlanmış Marmara Havzası toprakları adlı rapordan alınan havzaya ait detaylı toprak etüdü aşağıda izah edilmiştir.

U5.1-N-IIe: toplam havza alanının çok büyük bir kısmını teşkil eden 4.378 km²'lik bu sahadaki toprakların büyük toprak grubu, kalkersiz kahverengi topraklardır. Tarımı kısıtlayan orta derecede toprak, topoğrafya ve drenaj yetersizliği mevcuttur.

V5.1-N-IIs: toplam havza alanının küçük bir kısmı olan 0.021 km²'lik bu sahadaki toprakların büyük toprak grubu, vertisol topraklardır. Tarımı kısıtlayan orta derecede toprak, topoğrafya ve drenaj yetersizliği mevcuttur.

U9.1-M-IIIe: toplam havza alanının çok küçük bir kısmı olan 0.001 km²'lik alanın büyük toprak grubu, kalkersiz kahverengi topraklardır. Orta eğimde, derin, orta erozyonlu topraklardır (TOPRAKSU,1980). Havzaya ait detaylı toprak haritası Şekil-3.3'te verilmiştir.



Şekil .3.3 Kumdere Havzası Toprak Haritası

Havza jeolojik yapı itibariyle iki formasyondan oluşur. Havzanın genelinde beyaz renkli kum, kil, çakıl mercekli birimlerin oluşturduğu Ergene formasyonu (N_1 , 3-6) hakimdir. Ergene formasyonu üst Miosen yaşlıdır.

Diğer formasyonu ise havzanın kuzeyinde Hızırtepe çevresinde gözlenen kireçtaşı kil ve marn tabakalarının oluşturduğu Sinanlı formasyonu ($N_1 - N_2$) mevcuttur. Bu formasyon ise Pliosen yaşlıdır

3.1.5 Havza topraklarının hidrolojik toprak grupları

Hidrolojik yönden topraklar 4 grupta toplanır. Bu sınıflandırma toprakların bünyesine ya da infiltrasyon oranlarına göre yapılabilir. Kumdere Havzasında 2000-2001 yıllarında yapılan çalışmada havza kareleme yönteminden yararlanarak yedi parçaya bölünmüş ve bu parçaları temsil edecek şekilde 9 adet toprak profili açılmıştır. Bu profillerin yanında iki tekerrürlü çift silindirik infiltrasyon yöntemi ile infiltrasyon yapılmıştır. İnfiltrasyon sonuçlarına göre Kumdere Havzası Toprakları Hidrolojik yönden sınıflandırılmıştır.

Havzada 5 nolu profildeki topraklar hidrolojik bakımdan A grubuna girmektedir (Şekil 4.1). Bu gruptaki topraklar düşük yüzey akış potansiyeline ve tamamen ıslandıklarında bile düşük infiltrasyon hızına sahip topraklardır Kumdere Havzasında 1,3, ve 4 nolu profillerin kapladığı alandaki topraklar hidrolojik yönden B grubuna girmektedir (Şekil 4.1). Bu gruptaki topraklar, tamamen ıslandıklarında orta infiltrasyon hızına sahip ve orta veya iyi drenajlı orta kabadan inceye kadar değişen bünyeli topraklardır. Havzada 2, 6, ve 7 nolu profillerin kapladığı alanlar hidrolojik bakımdan C grubuna girmektedir (Şekil 4.1). Bu gruptaki topraklar, tamamen ıslandıklarında yavaş infiltrasyon hızına sahip ve esas olarak suyun aşağıya doğru hareketini engelleyen bir katı bulunan orta ince veya ince bünyeli topraklardır. Bu topraklar yavaş bir su iletim hızına sahiptir. Kumdere havzasında 8 ve 9 nolu profillerin kapladığı alanlar hidrolojik bakımdan D grubuna girmektedir (Şekil 4.1). Bu gruptaki

topraklar yüksek yüzey akış potansiyeli gösteren, tamamen ıslandıklarında çok yavaş infiltrasyon hızına sahip ve esas olarak yüksek şişme potansiyelli killi topraklardır.

3.1.6 Havzanın arazi kullanma ve bitki örtüsü durumu

Havza topraklarının tamamına yakın bir bölümünde (% 90.9) nadassız kuru tarım uygulanmaktadır. 2000 ve 2001 yılları havzada yapılan çalışmada Havzanın 1/5000'lik kadastro haritası üzerinde havzadaki mevcut parseller ve alanları tespit edilmiştir. Bu parsellerdeki arazi kullanım durumu iki yıl boyunca tespit edilerek, havzanın arazi kullanım durumu ve bitki örtüsü çıkarılmıştır. Bu değerler Çizelge 3.3. de verilmiştir. Kumdere Havzasında nadassız kuru tarım olarak buğday-ayçiçeği münavebe sistemi uygulanmaktadır. Bu bitkilerden buğday bitkisinin ortalama ekim tarihi 1 Kasım, ortalama hasat tarihi 10 Temmuz, ayçiçeği bitkisinin ortalama ekim tarihi 5 Nisan ortalama hasat tarihi ise 2 Eylül olarak tespit edilmiştir

Çizelge.3.3. Kumdere Havzası Arazi Kullanım Durumu

Bitki	2000 YILI			2001 YILI			2 Yıl Ort.
	Alan(da)	Parsel sayısı	Yüzde%	Alan(da)	Parsel sayısı	Yüzde%	Yüzde %
Buğday	2877.9	199	65.4	2491.5	220	56.6	61.0
Ayçiçeği	1102.4	102	25.1	1485.6	81	33.8	29.4
Çayır	401.4	24	9.1	401.4	24	9.1	9.1
Kabak	10.0	1	0.2	0.0	0	0.0	0.1
Arpa	8.3	1	0.2	21.5	2	0.5	0.4
TOPLAM	4400	327	100	4400	327	100	100

Çizelgede çayır olarak belirtilen alanlar hazineye ait parsellerdir. Üzerlerinde doğal bitki örtüsü mevcuttur. Ot olarak biçme ve otlatma yoktur. Bu alan aylık bitki su tüketimi katsayıları belirlenirken buğday alanlarına dahil edilmiştir.

3.1.7 Yağış ve akım gözlem istasyonları

Kırklareli Köy Hizmetleri ATATÜRK Araştırma Enstitüsü tarafından havza yağışlarını ölçmek için 3 adet yağış istasyonu, havza çıkışında da akımı ölçmek üzere 1 adet akım ölçme savağı tesis edilmiştir.

Havza çıkışında 115 m. yükseklikte R.1 yağış istasyonu (1 adet pluviometre ve elektronik pluviograf), havzanın ortalarında 145 m. lik rakıma R.2 istasyonu (1 adet pluviometre) ve yine havza üst kotlarında havza sınırına çok yakın olmak üzere 150 m'lik rakıma ise R.3 yağış istasyonu (1 adet pluviometre ve aylık diyagramlı pluviograf, sifon tipi) yerleştirilerek yağışların yersel ve zamansal dağılımı takip edilmektedir.

Akım gözlemleri için havza çıkışında, 115 m kotunda 1/5 şevli üçgen savak inşa edilmiştir. Yağış ve akım istasyonları Şekil.3.1 de verilmiştir. Savak inşaatının hemen yanına savağa bir kanalla bağlantısı olan limnigraf yerleştirilerek, savak yardımıyla dere yatağından geçen akımın zamansal dağılımı ölçülmektedir. Bu araştırma havzasında yağış ve akım karakteristiklerini belirlemek üzere 25 yıl süreli bir çalışma yürütülmektedir (Akbay ve Bakanoğulları, 1996)

Bu araştırma havzasında bulunan 1985-2001 yılları arasındaki günlük ortalama yağış ve aylık akım değerleri ve diğer parametreler SWMHMS modelinin bilgisayar ortamında değerlendirilmesi için modelin kullandığı İngiliz ölçü birimlerine çevrilerek modeli bu araştırma havzasında test etmek için kullanılmıştır.

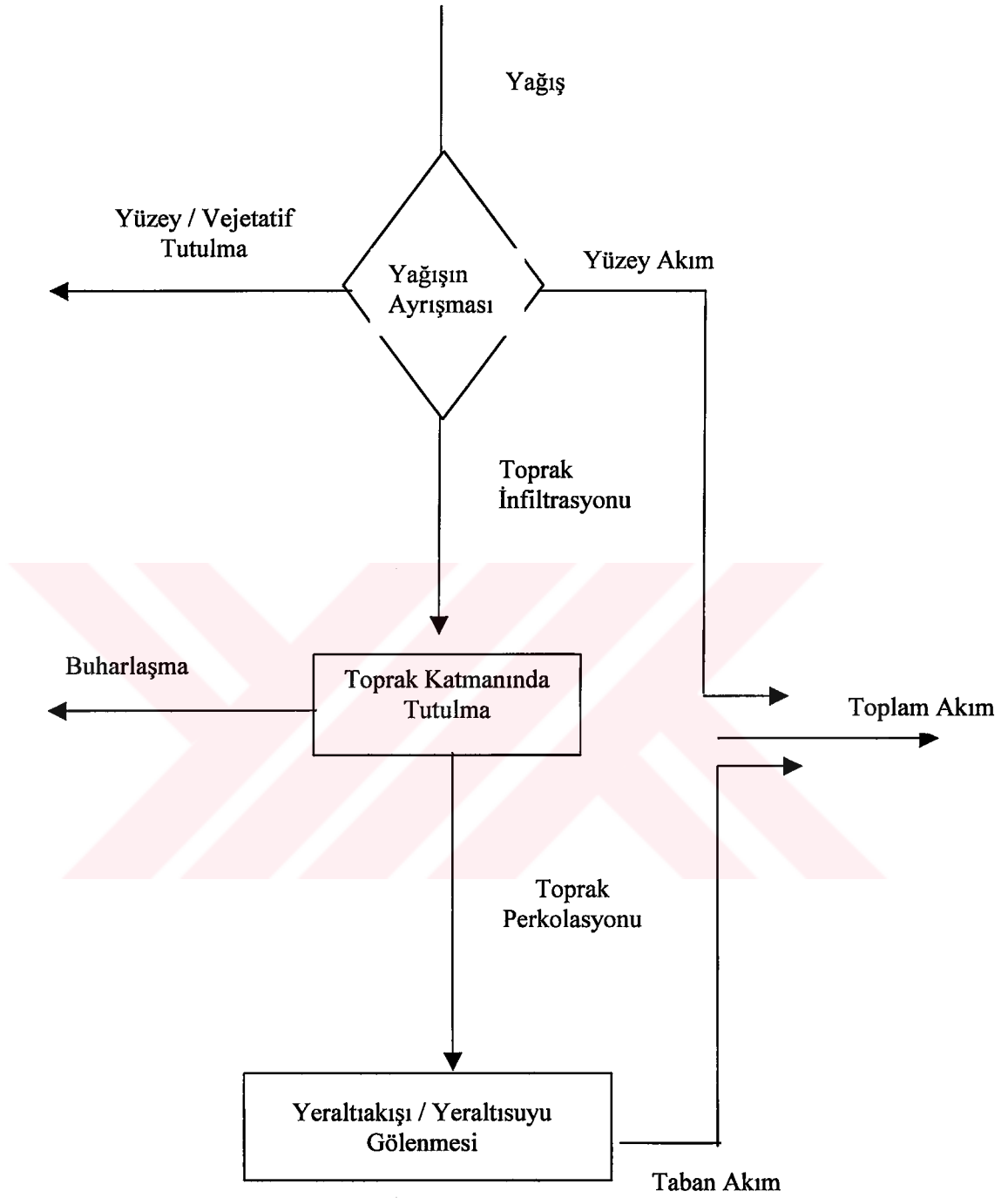
3.2. METOT

3.2.1. SWMHMS modeli

Allred ve Haan (1995) tarafından Oklahoma Devlet Üniversitesinde geliştirilen SWMHMS modeli kullanılarak Kumdere Havzasında ölçülen aylık akım değerleri ile karşılaştırılacak ve modelin uygulanabilirliği araştırılacaktır. Araştırmada kullanılacak olan SWMHMS modelinde, hesaplamalar günlük değerler üzerinden yapılmaktadır. Aylık değerler, günlük tahmin edilen değerlerin toplamından bulunmaktadır. Kullanılacak modelin akış diyagramı aşağıda verilmiştir.

Modelde girdi olarak kullanılacak ve modelin çalışma yönteminde önemli yer tutan havza hidrolojik parametreleri şunlardır.

CN:	Hidrolojik toprak örtü numarası (0 – 100)
AWC:	Elverişli su tutma kapasitesi (inch) (Bu değer tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki su miktarıdır.)
SYC:	Toprak profilinin spesifik verim kapasitesi (inch) (Bu değer tarla kapasitesi ile toplam saturasyon arasındaki su miktarıdır.)
SC:	Taban akım katsayısı (0 – 1)
PERCOEF:	Perkolasyon katsayısı (0 – 1)
IRAC:	Başlangıçtaki yağış tutulma katsayısı (0 – 1)



Şekil.3.4. SWMHMS Modelinin Akış Diyagramı

Şekil 3.4 de model akış diyagramındaki şematik olarak verilen işlemlerin modelin kullanım kitapçığında (Allred ve Haan, 1995) yer alan matematiksel ifadeleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Yüzey Akım:

Yüzey akım Amerikan Toprak Muhafaza Servisi tarafından (1972) geliştirilmiş olan prosedür kullanılarak belirlenmektedir.

$$CNI = - 16.91 + (1.348*CN) - (0.01379*CN^2) + (0.0001177*CN^3) \quad (3.1)$$

$$SMX = (1000 / CNI) - 10 \quad (3.2)$$

$$S = SMX*((TWC - AW) / TWC) \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.1'de kuru topraklardaki hidrolojik toprak örtü numarasını belirlemek için Smith ve Williams (1980) tarafından tarif edilen CNI eşitliği kullanılmıştır. CN ise standart çizelgelerden bulunan hidrolojik toprak örtü numarasıdır ve ortalama toprak nemi şartlarını göstermektedir. Modelde kullanılan CN şart II ye göre havza için bulunmuştur CNI eşitliği ile kuru topraklar için yani şart I'e çevrilerek hesaplanmaktadır. Eşitlik 3.2'deki SMX, ise kuru şartlar altında maksimum yağmur tutulmasıdır. TWC ise toprağın toplam su kapasitesidir. TWC başka bir ifade ile elverişli su tutma kapasitesi (AWC) ile spesifik verim kapasitesinin (SYC) toplamına eşittir. AW ise herhangi bir zamanda toprak profilindeki mevcut su miktarıdır. Eşitlik 3.3'deki S değeri toprak nemi şartlarına bağlıdır. Başlangıçtaki yağmur tutulması (IRA) $0.2*S$ değerine eşittir, yağış bu değerden az olduğu zaman akım oluşmayacaktır. Yağış IRA değerinden daha büyük ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak günlük yüzey akım hesaplanmaktadır.

$$AKIM = (YAĞMUR - IRA)^2 / (YAĞMUR + (0.8*S)) \quad (3.4)$$

Yüzey / Vejetatif Tutulma:

Herhangi bir yağmur olayında bir miktar yağış yüzeydeki çukurluklarda ve bitkilerin yaprak ve saplarında tutulur ve depolanır. Aşağıda kurulan eşitlikler bu modelde tutulma kayıplarını hesaplamak için kullanılan eşitliklerdir.

$$YAĞMUR > IRA, \quad TUTULMA = (1 - IRAC) * IRA \quad (3.5)$$

$$YAĞMUR \leq IRA, \quad TUTULMA = (1 - IRAC) * YAĞMUR \quad (3.6)$$

Eşitliklerdeki IRAC yüzey/ vejetatif tutulma ve toprak infiltrasyonu arasında başlangıçtaki yağmur kısmının katsayısıdır.

Toprak İnfiltrasyonu:

Yağmurun yüzey akım ve tutulma dışında kalan kısmı toprak içine infiltre olacaktır. Günlük toprak infiltrasyonu aşağıdaki biçimde belirlenmektedir.

$$YAĞMUR > IRA, \quad INFIL = (YAĞMUR - AKIM) - TUTULMA \quad (3.7)$$

$$YAĞMUR \leq IRA, \quad INFIL = IRAC * YAĞMUR \quad (3.8)$$

Buharlaşma:

Modelde aylık potansiyel ET (evapotranspirasyon) Blaney ve Criddle (1950) ın geliştirdiği eşitlik kullanılarak tahmin edilmektedir.

$$MPET_{I,K} = MONTEMP_{I,K} * CK_I * (CP_I / 100) \quad (3.9)$$

Eşitlikte, MONTEMP_{I,K} ortalama aylık sıcaklık (°F), CK_I aylık bitki su tüketim katsayısı ve CP_I aylık güneşli saatler yüzdesidir. Aylık bitki tüketim katsayısı Blaney

(1959) tarafından tarif edilen yöntem kullanılarak bulunmaktadır. Günlük potansiyel evapotranspirasyonun tarifi aşağıdaki eşitlikle verilmiştir.

$$DPET_{I,K} = MMPET_{I,K} / ZZ_I \quad (3.10)$$

Burada, ZZ_I ay içindeki gün sayısını göstermektedir. Aktüel günlük toprak ET değeri aşağıda takip eden eşitlikler kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$AWP = (AW / AWC) * 100 \quad \text{veya} \quad AWP = 100 \quad \text{eğer} \quad (AW / AWC) > 1 \quad (3.11)$$

$$F = \ln (AWP + 1) / \ln (101) \quad (3.12)$$

$$AET = F * (DPET_{I,K} - INTCP) \quad (3.13)$$

Toprak Perkolasyonu:

Toprak katmanından yeraltı suyuna suyun perkolasyonu $TWC \geq AW \geq AWC$ koşulunda toprak nemi şartları altında oluşur. Bu durum olduğu zaman, perkolasyon aşağıdaki eşitlikle tarif edilmektedir.

$$PERC = PERCCOEF * (AW - AWC) \quad (3.14)$$

$PERCCOEF$ toprak katmanından suyun tahliye oranını göstermektedir.

Toprak Katmanı Su Dengesi:

Toprak katmanı rezervuarındaki su miktarı infiltrasyon süresince artmakta ve evapotranspirasyon ve perkolasyonun her ikisi ile birlikte azalmaktadır. Bu yüzden, günlük toprak katmanı su dengesi aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$AW_J = AW_{J-1} + INFIL - AET - PERC, \quad (3.15)$$

Burada AW_{J-1} bir önceki günden elverişli toprak suyu miktarıdır.

Taban Akım :

SWMHMS modelinde yüzey altı akım ve yer altı suyu depolanmasının her ikisi de hidrolojik bileşen olarak taban akım altında toplanmıştır. Program küçük havzalarda aylık akımı tahmin etmek için kullanıldığından, geniş zaman aralığında olduğu göz önünde bulundurulduğunda toplam taban akım geçerlidir. Günlük akım aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$BSFL = SC * IGS \quad (3.16)$$

Burada SC katsayısı yüzey altı akım / yer altı suyu depolamasında (IGS) suyun tahliyesini düzenleyen bir katsayıdır.

Yüzeyaltı Akım / Yeraltı Suyu Rezervuar Depolaması :

Bu rezervuarda suyun depolanması perkolasyon tarafından artırılırken, taban akım tarafından azaltılmaktadır. Bu rezervuardaki su dengesi aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır.

$$IGS_j = IGS_{j-1} + PERC - BSFL, \quad (3.17)$$

Burada IGS_{j-1} bir önceki gündeki depolamadaki mevcut su miktarıdır.

Toplam Akım:

Model sonuç olarak, taban akım ve yüzey akım toplamını havzanın günlük toplam akım değerini belirlemek için kullanmaktadır.

$$TRUNOFF = RUNOFF + BSFL, \quad (3.18)$$

3.2.1.1 SWMHMS modelinin çalışma prensipleri

Bu modelde üç ana bileşen vardır. Bunlar sırasıyla simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizidir. Simülasyon yöntemi kullanılarak havzanın aylık akımları tahmin edilirken, optimizasyon ve hassaslık analizleri ile altı adet havza parametresinin değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

3.2.1.1.1. Simülasyon

Modelde benzeşim (simülasyon) yapılması sonucunda iki adet çıktı dosyası oluşmaktadır. Birincisi Output.dat dosyasıdır. Burada sadece gözlenmiş aylık yağış değerleri (MPREC), tahmin edilen akım değerleri (PRDFLOW), gözlenmiş akım değerleri (OBSFLOW) ve simülasyonun başladığı ayların numaralarını gösteren değerler yer almaktadır. Bu dosya ölçülen ve simüle edilen aylık akım değerlerini kolayca görmek ve akım hidrografını çıkarabilmek için modeli oluşturanlar tarafından geliştirilmiştir.

İkinci çıktı dosyası program çalıştırılırken kullanıcı tarafından adı belirlenen kapsamlı bir çıktı dosyasıdır (*.out). Burada öncelikle havza parametrelerinin ve başlangıçtaki havza karakteristiklerinin bir listesi yer almaktadır. Bunları aylık bitki su tüketim katsayıları, aylık güneşli saatlerin yüzde değerleri, ortalama sıcaklık değerleri ve potansiyel evapotranspirasyon değerlerinin bulunduğu satırlar takip etmektedir. Bu çıktıları takip eden satırlarda simüle edilen akım (PRDFLOW), gerçek toprak buharlaşması (AET), toprak infiltrasyon değerleri (MINF), taban akım (MBSFL), yüzey ve vejetatif tutulma (MINT), aylık yağış (MPREC) ve gözlenmiş akım (OBSFLOW), değerlerinin bulunduğu sütunlar yer almaktadır. Bunları kullanılan istatistik fonksiyon değeri ve su hacim dengesi takip etmektedir. Son bölümde de simülasyon sonucunun istatistiksel değerleri bulunmaktadır.

3.2.1.1.2. Optimizasyon

Model en iyi aylık akımları dolayısıyla havza su verimini bulmak için iki aşamada “brüt güç” yöntemine göre optimizasyon yapmaktadır. Bunun için ölçülmüş günlük ya da aylık akım değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. İlk optimizasyon devresi kaba bir tahminle en iyi hidrolojik havza parametre değerlerini vermektedir. SWMHMS modeli optimizasyon için iki istatistiksel fonksiyonu kullanma olanağı sunmaktadır. Bunlar sırasıyla; ölçülmüş ve simüle edilen akımlar arasında karelerinin toplamlarının farkını veren fonksiyon ,

$$OBJVAL_{SS} = \sum_K \sum_I (MFLOW_{I,K} - MRUN_{I,K})^2 \quad (3.19)$$

diğeri ise ölçülmüş ve simüle edilen akımların mutlak değerlerinin toplamlarının farkını veren fonksiyondur ,

$$OBJVAL_{SS} = \sum_K \sum_I |MFLOW_{I,K} - MRUN_{I,K}| \quad (3.20)$$

İkinci optimizasyon devresi de basit olarak birinci devreye benzer. Bu optimizasyon devresinde altı hidrolojik havza parametresinin değerleri daha hassas olarak verilmektedir.

Başlangıçta havzada tespit edilen 6 hidrolojik parametre (CN, AWC, SYC, SC, PERCCOEF, IRAC) değerleri için SWMHMS modeli ölçülen akım verilerini de kullanarak optimizasyon işlemi yapabilmektedir. Böylece altı adet hidrolojik parametrenin havza için en uygun değerleri tespit edilmektedir. Optimizasyon sonucunda havzaya ait altı hidrolojik parametre için birinci optimizasyon da bir değer ikinci optimizasyonda başka bir değer olmak üzere iki değer verilmektedir. Bu parametrelerin ilk değeri daha kaba, ikinci değerler ise daha hassas sonuçları almak için kullanılmaktadır.

3.2.1.1.3. Hassaslık analizi

Model bu analiz ile aylık akımların tahmininde kullanılan hidrolojik havza parametrelerinden hangisinin simülasyon uygulamasında en büyük etkiyi yaptığını belirlemektedir. Bu analiz ile altı hidrolojik havza parametresinin aylık akımlar üzerindeki etkisi belirlenerek hassaslık sıralaması yapılmaktadır. Bu sıralama ile havzada hidrolojik parametreleri bulma aşamasında hangi parametre üzerinde daha hassas durulacağı hakkında bilgi edinilmektedir. Model iki tip hassaslık analizi içermektedir.

Model birinci hassaslık analizinde, simülasyon için kullanılan altı havza hidrolojik parametresinin modele girilen değerleri için modelde verilen yüzde oranlarındaki değişimler doğrultusunda (-%50, -%25, -%10, -%5, -%2, -%1, +%1, +%2, +%5, +%10, +%25, +%50) parametre değerlerini karelerinin ve mutlak değerlerinin farklarının toplamına göre hesaplamaktadır. Bu işlemlerde her seferinde bir havza parametresi değişirken diğer parametreler başlangıç değeri olacak şekilde hesaplanma yapılmaktadır.

İkinci hassaslık analizi ise belirlenmiş havza parametrelerinin her biri için oransal hassaslık katsayılarını içermektedir. Bu oransal hassaslık katsayıları şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$SRVAL_N = \sum_K \sum_I \left| \partial MRUN_{I,K} / \partial (PARAM_N) * PARAM_N \right| / \sum_K \sum_I MRUN_{I,K} \quad (3.21)$$

Burada, $PARAM_N$ 6 hidrolojik havza parametresinden birini ifade etmektedir,

$\partial (PARAM_N)$ ise her bir parametredeki % 1 lik değişmeyi göstermektedir. Çünkü $SRVAL_N$ değeri boyutsuzdur. Bu hassaslık parametrelerini sıralamak için kullanılmaktadır.

Modelde Hassaslık analiz işlemi yapıldığında elde edilen çıktı dosyası 3 bölüm içermektedir. 1. Bölümde başlangıçta simülasyon için kullanılan altı havza hidrolojik parametre değerleri vardır. 2. Bölümde altı havza hidrolojik parametresinin yukarıda verilen yüzde değişim oranlarında alabileceği değerleri verilmektedir. Son bölümde ise oransal hassaslık katsayıları yer almaktadır. Bu bölüm simülasyon hesaplamalarında en büyük etkiyi yapan havza hidrolojik parametrelerini belirlemek için kullanılmaktadır.

3.2.1.2. SWMHMS program yapısı

SWMHMS bilgisayar programı (Allred ve Haan, 1995) tarafından FORTRAN program dilinde yazılmış bir ana program ve onun 5 alt döngüsünü içermektedir. Aşağıda ana program ve onun 5 alt döngüsü kısaca tanımlanmaktadır.

Ana Program-MNSWMHMS: Ana program data girdi ve çıktıları yönetmekle sorumludur. Program çalıştığı sürece ana program ile simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizlerini yürüten alt döngüler arasında geçişler söz konusudur.

Alt döngü-WATFLOW: Bu döngü havzanın hidrolojik simülasyonunu yönetmektedir. Burada aylık simüle edilen akımlar ve diğer çeşitli hidrolojik bileşenlerin değerleri hesaplanmakta ve belli bir düzende sıralanmaktadır. Bu döngü ana program ile havzanın başlangıçtaki şartları, optimizasyon ve hassaslık analizleri arasında karşılıklı bir etkileşim oluşturmaktadır.

Alt döngü-BFOPT: Bu döngü optimizasyon işlemleri boyunca en iyi havza hidrolojik parametrelerini belirlemektedir. Bu döngü ile de ana program ve havza başlangıç şartları, havza benzeşimi ve istatistiksel işlemler arasında karşılıklı bir etkileşim oluşturmaktadır.

Alt döngü- **SENS**: Bu döngü belirlenen altı havza parametresi arasında aylık akımları simüle etmede en hassas olanı belirlemektedir. Bu döngüde ana program ve havza benzeşimi ile istatistiksel hesaplamalar arasında bir etkileşim oluşturmaktadır.

Alt döngü- **OBJFXN**: Bu alt döngü kullanıcı tarafından belirlenmiş iki kriterden birini kullanarak istatistiksel işlem değerlerini hesaplamaktadır. Bu döngüde ana program, BFOPT ve SENS alt döngüleri ile ilişkili olarak çalışmaktadır.

Alt döngü- **INITIAL**: Bu alt döngü programı da havzanın başlangıçtaki toprak katmanının depolama kapasitesi ve yeraltı suyu depolama kapasitesinin simülasyonu, optimizasyonu ve hassalık analizleri için kullanılmaktadır. Bu alt döngü programı da ana program, WATFLOW ve BFOPT alt döngü programları ile ilişkilidir.

3.2.3. Turc metodu

M. Turc 254 havza üzerinde yaptığı gözlemlere dayanarak aşağıdaki akım açığı formülünü geliştirmiştir (Soykan, 1967).

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (3.22)$$

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3 \quad (3.23)$$

$$Q = P - D \quad (3.24)$$

İlişkilerde;

D = Evapotranspirasyon, (mm),

P = Ortalama yağış, (mm),

t = Ortalama sıcaklık, (°C),

Q = Tahmin edilen ortalama akım, (mm).

Kumdere Havzasında Turc metodu ile yıllık su veriminin belirlenmesinde ortalama yağış havzadaki verilerden, ortalama sıcaklık verileri Edirne Meteoroloji istasyonu kayıtlarından alınmış ve havza ortalama yüksekliğine göre düzeltilmiştir.

3.2.4. Toprak analiz metotları

Deneme havzası topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak amacıyla toprak profilleri açılmış ve 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır.

Toprak örneklerinin analizinde aşağıda belirtilen metotlar kullanılmıştır.

Toprak Bünyesi : Bouyocous hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Tüzüner, 1990).

Tarla Kapasitesi : 1/3 atmosfer basınç altında, poroz levhalı basınç aleti ile yapılmıştır (Richards, 1954).

Solma Noktası : 15 atmosfer basınç altında poroz levhalı basınç aleti ile (Richards, 1954).

Saturasyon yüzdesi : Yüzde kum ağırlık esasına göre 100 gr. toprağı macun durumuna getirinceye kadar kullanılan su miktarı (Richards, 1954).

Hacim Ağırlığı : Bozulmamış toprak örneklerinde silindir metoduyla (Richards, 1954).

Tuzluluk : Saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliğinin ölçülmesi ile (Richards, 1954).

pH : Saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (Richards, 1954).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Kumdere Havzası İçin SWMHMS Modeli Parametrelerinin Bulunması

Öncelikle programın çalıştırılmasında önemli yer tutan ve metot bölümünde bahsedilen bilgisayar programında kullanılacak olan Kumdere Havzası için elde edilen bulgular şöyledir.

4.1.1 İklim verileri

Modelin çalışmasında gerekli olan iklim verileri;

Günlük yağış (inch), aylık akım (inch), aylık ortalama sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{F}$), aylık bitki su tüketim katsayısı (C_k), aylık gerçek güneşli saatlerin ortalamasının, mümkün olan güneşlenme saatlerinin ortalamasına oranı (C_p), değerleri Modelin kullanacağı biçimde düzenlenmiştir.

Kumdere havzası 1985-2001 yıllarında Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü elemanları tarafından havzada mevcut 3 yağış istasyonunda ölçülen ve Thiessen metodu kullanılarak bulunan 17 yıllık havza ortalama aylık yağış değerleri ve havza çıkışındaki akım istasyonunda ölçülmüş aylık akım değerleri Çizelge.4.1'de verilmiştir. Bu günlük yağış ve aylık akım değerleri modelin kullandığı biçime dönüştürülmüştür. Çizelgedeki ortalama değerler modelin simülasyon için değerlendirmeye aldığı 1986-2001 yıllarına ait 16 yıllık ortalama değerlerdir. 1985 yılı verileri modelde başlangıç şartları için kullanıldığında ortalamaya dahil edilmemiştir

Çizelge 4.1. Kumdere Havzası Aylık Yağış ve Akımları

Yıllar	Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık
1985	Yağış(inch)	3.01	3.50	1.12	2.12	0.34	1.05	0.42	0.9	0.05	0.41	3.73	0.88	17.6
	Akım (inch)	0.003	0.40	0.10										0.5
1986	Yağış(inch)	3.54	4.51	2.08	1.47	0.18	0.50	0.37	0.2		3.25	0.73	1.39	18.2
	Akım (inch)	0.02	0.20	0.24										0.4
1987	Yağış(inch)	3.02	1.48	2.26	4.21	1.13	1.72	0.47	0.7	1.72	1.22	6.39	3.97	28.3
	Akım (inch)												0.14	0.1
1988	Yağış(inch)	1.01	2.61	5.74	1.56	0.83	1.50	0.22		1.26	1.23	5.18	3.05	24.1
	Akım (inch)			0.05								0.01	0.04	0.1
1989	Yağış(inch)		0.31	5.13	1.21	2.20	3.41	0.86	3.5	0.91	2.54	2.63	3.07	25.8
	Akım (inch)			0.20					0.2				0.01	0.4
1990	Yağış(inch)	0.05	0.44	0.33	3.26	3.66	0.97	0.76	0.1	2.90	4.34	2.17	4.76	23.7
	Akım (inch)					0.05					0.15	0.17	0.35	0.7
1991	Yağış(inch)	0.38	1.55	1.05	1.69	2.93	0.27	0.81	0.5	0.63	3.28	3.28	1.01	17.4
	Akım (inch)		0.01							0.07	0.02	0.03		0.1
1992	Yağış(inch)	0.07	1.13	1.77	1.70	2.05	3.12	0.68	0.2	0.19	2.59	3.90	0.74	18.1
	Akım (inch)											0.03		0.0
1993	Yağış(inch)	0.15	1.08	1.35	0.55	4.31	0.76	0.06	1.6	0.14	1.96	3.45	2.02	17.4
	Akım (inch)					0.06								0.0
1994	Yağış(inch)	0.74	0.59	1.26	2.46	0.65	4.11	2.19	0.4	0.02	4.39	2.32	4.54	23.7
	Akım (inch)						0.03	0.01					0.30	0.3
1995	Yağış(inch)	5.31	1.35	3.30	3.23	0.78	1.12	2.26	4.0	1.38	0.97	4.73	2.08	30.5
	Akım (inch)	0.76	0.00	0.06	0.02							0.06	0.00	0.8
1996	Yağış(inch)	1.16	5.02	3.13	2.32	0.25	0.08	0.04	2.1	3.10	0.42	4.10	3.35	25.0
	Akım (inch)	0.03	1.22	0.30	0.07								0.09	1.7
1997	Yağış(inch)	0.90	0.80	2.31	3.05	1.62	0.50	3.06	1.8	0.02	3.01	3.03	4.23	24.4
	Akım (inch)	0.002			0.004			0.001					0.13	0.1
1998	Yağış(inch)	1.85	3.70	3.11	1.17	6.64	1.91	0.92	0.1	4.98	5.08	5.10	3.94	38.5
	Akım (inch)	0.09	0.78	0.08		0.10					0.11	0.98	1.41	3.5
1999	Yağış(inch)	2.38	3.67	3.12	1.29	2.81	2.95	1.39	3.1	0.37	0.29	1.75	2.55	25.7
	Akım (inch)	0.21	1.10	0.14			0.42	0.17	0.5				0.001	2.6
2000	Yağış(inch)	0.41	1.19	1.69	2.84	0.81	0.93	0.07	0.8	2.26	1.52	2.02	1.47	16.0
	Akım (inch)									0.001				0.00
2001	Yağış(inch)	1.18	0.87	1.02	2.07	1.45	0.68	2.66	0.1	2.85	0.41	2.16	2.44	17.9
	Akım (inch)													0.0
Ort.	Yağış(inch)	1.38	1.89	2.42	2.13	2.02	1.53	1.05	1.2	1.42	2.28	3.31	2.79	23.5
	Akım (inch)	0.07	0.21	0.07	0.01	0.01	0.03	0.01	0.0	0.004	0.02	0.08	0.15	0.7

Edirne Meteoroloji İstasyonundan alınan ve çalışmanın değerlendirileceği 17 yıla ait aylık ortalama sıcaklık değerleri modelin kullandığı °F sıcaklık ölçü birimine çevrilerek Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Aylık bitki su tüketim katsayısı (C_k), SWMHMS Modelinin aylık evapotranspirasyon hesaplamalarında yer alan Blaney-Criddle’in geliştirdiği eşitlikteki C_k katsayısı havza bitki deseni dikkate alınarak havza ortalama C_k katsayısı bulunmuştur. Bu hesaplama için gerekli bitki büyüme katsayısı değerleri deneme havzası için havzadaki bitki örtü durumu ve kapladığı alan dikkate alınarak hesaplanmıştır. Havzada 2000 ve 2001 yıllarında yapılan incelemede tarımı yapılan ayçiçeği ve buğday bitkilerinin ortalama ekim ve hasat tarihleri belirlenmiş buna göre büyüme oranları hesaplanmıştır. Buradan havza ortalama C_k değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.3 de verilmiştir.

Çizelge.4.2. Aylık Ortalama Sıcaklıklar (°F) (1985-2001)

AYLAR	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
YILLAR	Aylık ortalama sıcaklık (°F)											
1985	36.7	30.0	42.8	57.2	67.5	70.3	74.3	76.1	66.9	53.2	50.2	43.9
1986	42.3	37.4	43.7	59.4	64.0	72.3	75.0	77.4	69.1	55.6	42.8	35.2
1987	33.8	41.5	37.6	51.4	62.1	72.7	78.3	72.1	69.8	54.0	50.7	37.6
1988	40.3	40.5	46.6	52.7	63.3	71.6	79.9	76.8	67.8	54.3	38.7	38.3
1989	35.1	42.8	50.0	60.4	61.3	68.7	73.9	75.4	66.9	55.0	44.6	37.6
1990	33.1	43.2	50.9	56.1	62.8	71.4	76.6	74.5	65.5	56.8	52.9	43.3
1991	35.6	38.3	44.4	52.5	60.6	72.7	76.1	74.1	67.6	57.6	48.4	33.3
1992	35.8	37.2	45.7	54.9	60.8	70.5	73.0	78.3	65.8	61.9	48.6	36.0
1993	34.2	34.2	43.5	54.1	63.0	71.1	74.5	75.6	67.5	60.8	41.9	43.5
1994	41.7	39.9	48.2	58.3	66.4	72.0	77.0	78.4	75.2	59.7	44.4	39.2
1995	36.5	45.9	46.6	54.1	63.9	75.2	75.9	74.1	67.3	54.9	42.3	41.2
1996	34.2	35.8	38.3	52.7	69.1	73.9	77.5	74.8	64.6	55.8	50.2	42.8
1997	37.8	39.7	43.0	48.6	66.2	73.6	75.9	70.9	63.1	53.6	48.7	39.2
1998	39.2	42.8	41.4	58.3	63.9	73.8	77.2	78.1	66.0	58.6	45.7	33.1
1999	38.1	38.5	47.5	57.6	64.9	74.3	78.1	76.8	69.1	59.9	47.7	44.1
2000	32.7	42.1	45.5	59.9	65.1	72.9	80.2	77.4	67.5	56.7	52.9	43.7
2001	41.7	43.7	53.6	55.4	64.9	72.7	81.1	79.7	70.2	60.4	46.8	29.5

Çizelge. 4.3. Aylık Bitki Su Tüketim Katsayıları (C_k)

Aylar	Büyüme Oranı		Bitki Su Tüketim Katsayısı C_k			Havza Ortalama, C_k
	Buğday	Ayçiçeği	Ayçiçeği	Buğday	Boş Arazi	
I	0.31	-	-	1.02	0.20	0.78
II	0.42	-	-	1.20	0.20	0.91
III	0.54	-	-	1.22	0.20	0.92
IV	0.66	0.09	0.58	1.31	-	1.09
V	0.78	0.28	0.67	1.43	-	1.21
VI	0.90	0.48	1.11	1.24	-	1.20
VII	0.98	0.69	1.19	0.94	-	1.01
VIII	-	0.88	0.83	-	0.20	0.39
IX	-	0.99	0.50	-	0.20	0.29
X	-	-	-	-	0.20	0.20
XI	0.06	-	-	0.50	0.20	0.41
XII	0.18	-	-	0.82	0.20	0.64

Çizelgedeki havza ortalama bitki su tüketim katsayısı hesaplanırken Çizelge 3.3'de Kumdere Havzasında ekilen bitkilerin kapladıkları alanlara göre hesaplama yapılmıştır. Burada çayır ve arpa alanları buğday bitkisine, kabak bitkisinin kapladığı alan da ayçiçeği ekiliş alanına ilave edilmiştir. Çizelgede boş arazi olarak nitelendirilen bölümde arazide bitki örtüsü bulunmadığı dönemlerde topraktan olan buharlaşma için k_c değeri 0.20 olarak alınmıştır.

Aylık potansiyel evapotranspirasyonu hesaplamak için havzaya yakın olması sebebiyle Edirne Meteoroloji İstasyonundan araştırmada değerlendirmeye alınacak yıllara (1985-2001) ait 17 yıllık günlük (C_p) ve aylık (C_p) mümkün olan güneşlenme oranları alınarak gerçek aylık güneşli saatlerinin yüzde değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.4 de verilmiştir.

Çizelge. 4.4. Günlük ve Aylık Güneşli Saatlerin Yüzde Değerleri (C_p)

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Günlük C_p	0.25	0.36	0.37	0.48	0.54	0.65	0.73	0.73	0.64	0.43	0.32	0.22
Aylık C_p	7.75	10.08	11.47	14.40	16.74	19.50	22.63	22.63	19.20	13.33	9.60	6.82

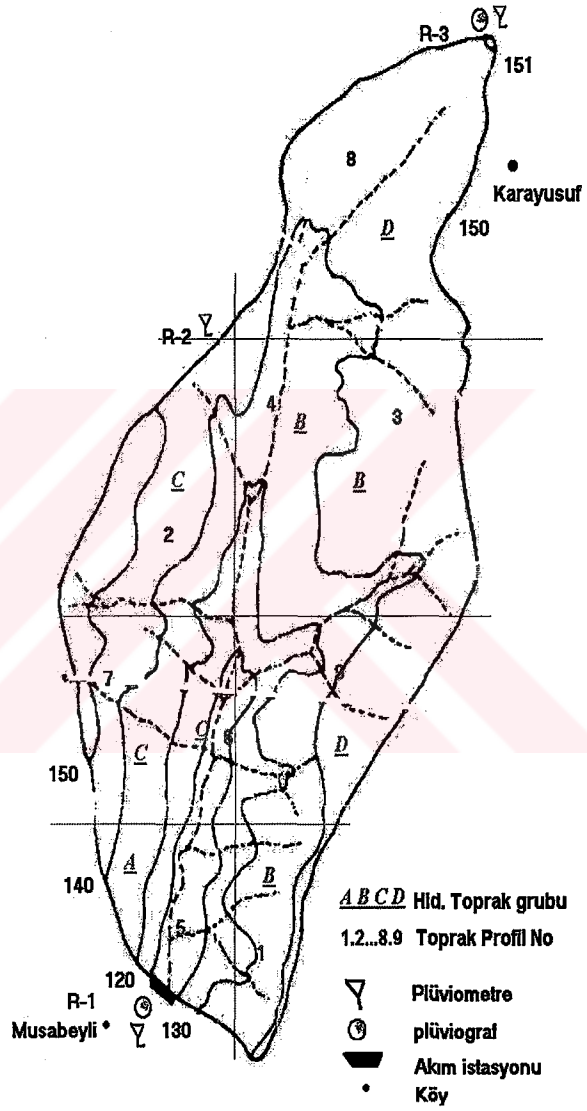
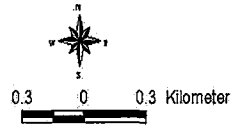
4.1.2. Hidrolojik veriler:

Havza alanı: Kumdere su toplama havzasının alanı 4.40 km^2 'dir. Bu alan modelin kullandığı İngiliz ölçü birimi olan 0.4 hektarlık yüzölçümünü ifade eden acre ölçü birimine çevrilerek, 1087.26 olarak hesaplanmıştır

Yüzey akış eğri no CN (curve number): Edirne-Merkez-Kumdere Havzasında 2000 ve 2001 yıllarında Şekil 4.1'de gösterildiği gibi havzanın değişik 9 noktasında açılan toprak profillerinden alınan toprak örneklerinde havza topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış olup, bu değerler Çizelge 4.5'de verilmiştir. Bu profil noktalarının yanında 2 tekerrürlü olarak infiltrasyon testleri de yapılmış ve aynı çizelgede verilmiştir. Havzanın arazi kullanım durumu 2000 ve 2001 yıllarında havzada yer alan parsellerde bitki örtüsü ve havzanın arazi kullanım durumu belirlenmiştir.

Yağışlardan sonraki yüzey akışları hesaplamak amacıyla, havza toprakları hidrolojik toprak grupları yönünden değerlendirilmiş, Çizelge 4.6'de verilmiştir. Bu değerlendirmeler neticesinde, havza topraklarının ağırlıklı ortalama yüzey akış eğri numarası havza toprakların infiltrasyon hızı değerlerine göre değerlendirmede 80.15, havza toprakların bünyelerine göre 82.1 olarak bulunmuştur. Hidrolojik toprak grubu, benzer fırtınalı yağış ve örtü altında aynı yüzey akış potansiyeline sahip topraklar grubudur. Bu sebeple bu çalışmada havza toprakları hidrolojik yönden bünyeden ziyade infiltrasyon hızı değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Modelde kullanılmak üzere infiltrasyon hızına göre belirlenmiş olan CN değeri (80.15) alınmıştır.

Elverişli su tutma kapasitesi (AWC): Kumdere Havzasında açılan 9 ayrı profilin değişik katmanlardan alınan toprak örnekleri ile havza topraklarının tarla kapasitesi, solma noktası ve saturasyon değerleri bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak modelin simülasyonu için gerekli altı havza parametresinden biri olan elverişli su tutma kapasitesi değeri havza için profillerin kapladığı alanlar dikkate alınarak havzaya ait ortalama bir değer hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Kumdere Havzası Hidrolojik Toprak Grupları

Çizelge 4.5. Havza Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ile İnfiltrasyon Hızları

Profil No:	Ortalama İnfiltrasyon hızı mm/h	Derinlik cm	Saturasyon (%)	Toplam Tuz %	Su ile Doy. Top. pH	B Ü N YE			Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi %	Solma Noktası %	Hacim Ağırlığı gr/cm ³
						Kil %	Silt %	Kum %				
Profil 1	25	0-30	57	0.052	5.2	34.97	12.56	52.47	Kum.-kili-tın	26.34	17.34	1.66
		30-60	50	0.043	5.6	26.46	8.33	65.21	Kum.-kili-tın	20.01	13.14	1.73
		60-90	66	0.081	6.5	35.12	31.54	33.34	Kili-tın	29.68	16.58	1.59
		90-120	46	0.040	6.6	19.9	12.31	67.79	Kumlu-tın	17.14	9.38	1.73
Profil 2	9	0-30	57	0.100	6.5	48.6	19.28	32.12	Kil	31.83	21.71	1.60
		30-60	57	0.099	7.0	46.52	21.44	32.04	Kil	31.37	21.24	1.26
		60-90	57	0.102	7.5	48.39	23.44	28.17	Kil	31.97	19.60	1.48
		90-120	52	0.055	7.9	38.78	20.75	40.47	Kili-tın	25.94	11.97	1.61
Profil 3	19	0-30	61	0.050	7.0	30.25	21.01	48.74	Kum.-kili-tın	24.73	16.57	1.37
		30-60	61	0.078	7.3	32.66	19.08	48.26	"	28.81	21.20	1.43
		60-90	61	0.065	8.0	28.31	21.15	50.54	"	29.21	19.74	1.62
		90-120	59	0.058	8.0	23.84	20.92	55.24	"	23.27	15.88	1.65
Profil 4	22	0-30	52	0.09	7.7	38.92	19.04	42.04	Kum.-kili-tın	26.58	17.61	1.62
		30-60	57	0.065	8.0	40.93	16.88	42.19	Kili-tın	25.35	17.06	1.78
		60-90	55	0.071	8.1	38.81	18.99	42.20	Kili-tın	23.78	15.56	1.79
		90-120	52	0.067	8.3	36.58	21.03	42.39	Kili-tın	26.06	14.51	1.76
Profil 5	198	0-30	30	Eseri	4.1	5.24	10.08	84.68	Tınlı-kum	9.14	3.66	1.77
		30-60	39	"	5.2	13.48	18.39	68.13	Kumlu-tın	16.7	7.96	1.49
		60-90	41	"	5.3	17.69	18.53	63.78	"	17.55	9.45	1.66
		90-120	37	"	5.4	11.45	14.33	74.22	"	14.08	7.44	1.66

Çizelge 4.5`in devamı

Profil No:	Ortalama İnfiltrasyon hızı mm/h	Derinlik cm	Saturasyon (%)	Toplam Tuz %	Su ile Doy. Top. pH	B Ü N Y E			Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi %	Solma Noktası %	Hacim Ağırlığı gr/cm ³
						Kil %	Silt %	Kum %				
Profil 6	11	0-30	50	Eseri	4.8	24.34	8.4	67.26	Kum.-killi-tın	22.74	16.99	1.76
		30-60	59	0.060	6.4	24.46	8.44	67.1	"	23.84	18.58	1.68
		60-90	50	0.111	6.2	20.03	6.26	73.71	"	19.29	14.49	1.76
		90-120	44	0.040	6.5	13.62	4.13	82.25	Kumlu-tın	16.45	11.87	1.72
Profil 7	10	0-30	57	0.077	6.1	33.26	17.05	49.69	Kum.-killi-tın	25.55	20.83	1.57
		30-60	61	0.075	6.7	31.38	15.05	53.57	Kum.-killi-tın	27.75	22.44	1.66
		60-90	48	Eseri	7.3	13.61	18.57	67.82	Kumlu-tın	20.60	10.59	1.50
		90-120	44	"	7.4	11.47	14.33	74.20	Kumlu-tın	20.01	7.95	1.55
Profil 8	4	0-30	55	0.074	7.3	39.63	21.31	39.06	Kil	24.46	18.61	1.61
		30-60	57	0.072	7.4	39.91	17.17	42.92	Kil	31.02	21.15	1.65
		60-90	57	0.071	7.4	40.0	19.36	40.64	Kil	32.50	21.82	1.68
		90-120	57	0.078	7.7	41.8	19.2	39.0	Kil	32.01	22.41	1.66
Profil 9	3	0-30	57	0.075	5.9	37.93	19.39	42.68	Killi-tın	29.74	23.45	1.59
		30-60	59	0.087	6.5	40.19	19.45	40.36	Kil	29.98	23.39	1.52
		60-90	59	0.056	7.4	35.16	23.31	41.53	Killi-tın	25.15	17.41	1.68
		90-120	48	0.053	7.3	61.37	19.94	18.69	Kum.-killi-tın	21.35	12.45	1.55

Çizelge 4.6. Havza Topraklarının Hidrolojik Toprak Grubu Değerleri

Profil No	İnfiltrasyon Hızı mm/h	Hidrolojik Toprak Grubu (İnfiltrasyon)	Bünye	Hidrolojik Toprak Grubu (Bünye)
1	25	B	Kumlu killi tın	C
2	9	C	Kil	D
3	19	B	Kumlu killi tın	C
4	22	B	Killi-tın	D
5	198	A	Kumlu tın	A
6	11	C	Kumlu killi tın	C
7	10	C	Kumlu killi tın	C
8	4	D	Kil	D
9	3	D	Kil	D

Sızan su kapasitesi (SYC) : Teorik olarak, yerçekimi suyu olarak da adlandırılan bu su miktarı da modelde kullanılacak olan havza parametrelerinden dolayısıyla hidrolojik verilerden birisidir.

Modelde girdi olarak kullanılacak olan AWC ve SYC havza hidrolojik parametreleri Çizelge 4.5'de verilen profillerin her bir katman derinliği ve tüm profil için tarla kapasitesi, solma noktası ve saturasyon değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Profillerin AWC ve SYC Değerleri

Profil No	AWC inch	Saturasyon inch	SYC inch
1	7.2	24.86	17.64
2	8.2	17.90	9.66
3	5.9	24.40	18.50
4	7.6	23.50	15.90
5	5.4	17.55	12.14
6	4.2	24.60	20.50
7	5.9	21.60	15.70
8	7.04	20.63	13.59
9	5.5	21.92	16.40

Çizelge 4.7’de Her bir profil katmanının (120cm) toplam elverişli su tutma kapasitesi, sızan su kapasitesi ve saturasyon değerleri verilmiştir. Bu değerler çizelge 4.5’de profillerdeki her 30 cm’lik katmana ait tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı ve saturasyon değerleri kullanılarak her 30 cm’lik katman için bulunmuş ve bu katmanların toplamaları ile her bir profile ait awc, saturasyon ve syc değerleri hesaplanmıştır. Sonuçta her bir profilin havzada kapladığı alanın yüzde değerleri dikkate alınarak bu değerlerden havza için ortalama AWC ve SYC değerleri bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Kumdere Havzası AWC ve SYC Değerleri

Profil No	Alan %	AWC inch	SYC inch	Saturasyon inch
1	8.7	0.63	1.54	2.16
2	14.0	1.16	1.36	2.51
3-4	20.4	1.37	3.50	4.87
5	9.1	0.51	1.08	1.59
6-7	11.4	0.58	2.07	2.64
8	23.1	1.63	3.14	4.77
9	13.2	0.73	2.16	2.89
Havza	100.0	6.60	14.85	21.44

Çizelge 4.8 incelendiğinde, profillerin havzada kapladıkları alanların yüzde değerleri ve AWC ve SYC değerleri verilmiştir. Bunlar SWMHMS modelinde kullanılacak olan havza parametrelerinden elverişli su tutma kapasitesi ve sızan su kapasitesidir. Modele her bir hidrolojik parametre için havzaya ait ortalama bir değer girilmektedir. Bu amaçla havzayı temsil etmesi için her bir profildeki katmaların toplamalarının, o profilin kapladığı alan yüzdesi ile çarpımı sonucu havzaya ait ağırlıklı toplam değerleri bulunmuştur.

SWMHMS modelinde aylık akımların simülasyonunda kullanılacak olan diğer 3 hidrolojik havza parametresi olan SC (taban akım katsayısı), PERCCOEF (perkolasyon katsayısı) ve IRAC (başlangıç yağmur tutulma katsayısı) katsayılarıdır. Model ölçülmüş akım değerleri bulunan havzalar için bu katsayıları optimizasyon

yaparak bulmaktadır. Modelde bu değerler 0 ve 1 arasında kabul edilmiş katsayılardır. Bu oranlar arasında değerler verilmek suretiyle modele girilmektedir (Allred ve Haan, 1995). T. Haan, 1998 ile yapılan karşılıklı görüşmede Bu üç katsayıyı bulmanın zor olduğunu belirtmiştir. Ancak IRAC katsayısının havzadaki bitki örtüsü yoğunlu ile ilişkili olduğundan eğer havzada bitki örtüsü yoğun ise 1'e yakın, arazi çıplak ise 0'a yakın değerler alınması gerektiğini belirtmiştir. Kumdere Havzası için havza sürekli tarım altında olduğundan çıplak, kayalık gibi alanların bulunmaması dikkate alınarak bu katsayı 0.80 alınmıştır. Havzanın kuru dere olması yani taban akımının düşük olması göz önüne alınarak SC ve PERCCOEFS katsayıları da toprak perkölasyonu, toprak katmanının su dengesi ve taban akım hesaplamalarında kullanıldığından bu katsayıların değişik değerleri ile senaryolar yapılmıştır. Bu senaryonun amacı ölçüm yapılmayan havzalar için bu sabitelerin irdelenmesidir.

4.1.3. Havza verilerinin oluşturulacak girdi dosyasına yerleştirilmesi

Girdi dosyasının oluşturulması özellikle SWMHMS modelinin bilgisayar ortamında kullanılmasında çok önemlidir. Bu dosya oluşturulurken yapılacak bir hatada model sonuç vermemekte ve hata göstermektedir. Bu hatayı tespit etmekte güçtür. Bu sebeple modelin simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizinde kullanılması için oluşturulacak başlangıç girdi dosyası aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Araştırma havzası olan Kumdere Havzası için oluşturulan ve Ek:1'de verilen girdi dosyasında da görüldüğü gibi programda kullanılacak havzanın adı ve yeri 1. satıra yerleştirilmiştir. Kullanıcı 60 karakteri geçmeyecek biçimde istediği metni yerleştireceği gibi bu satıra hiçbir karakter de yazılmayabilir fakat kesinlikle bu satır silinmemelidir.

2. satırda SWMHMS programını çalıştırmak için gerekli 5 tarihi göstermektedir. Birinci ve ikinci tarih (ay-gün-yıl) değerleri havzadaki mevcut verilerin başlangıç ve bitiş tarihleridir. 3. tarih simülasyon, optimizasyon, ve hassaslık analizi yapılacak tarihlerden bir önceki yıl yani önceki şartları belirten tarihtir. 4. ve 5. tarihler ise simülasyon,

optimizasyon ve hassaslık analizlerinin yapılacağı tarih aralıklarını belirtmektedir. Yukarıda da görüleceği üzere model tam yıl üzerinden çalışmaktadır. Yani veriler Ocak ayında başlayıp, Aralık ayında sona ermelidir, yoksa model eksik yıllar için simülasyon yapamamaktadır.

Modelde Kumdere Havzası için simülasyonda kullanılan tarihlerin 2. satıra yerleştirilme sırası ve biçimi aşağıda verilmiştir

```
1  1 1985 12 31 2001  1  1 1985  1  1 1986 12 31 2001
```

3. satırdaki veriler en önemli verilerdir. Çünkü bu satır havzaya ait hidrolojik parametre değerlerini içermektedir. Kumdere havzasındaki bu parametre değerleri aşağıda verilmiştir.

```
1087.26  80.15  6.60  14.85  0.25  0.25  0.80  6.60  1.0
```

Bu satır 9 ardışık değeri aralarında boşluk bırakmaksızın her bir değer için 7 karakter kullanarak Fortran programlama dili özelliklerine göre sağa yaslanmış olarak girilmektedir. İlk değer havza alanını (1087.26) bu değeri sırasıyla CN (80.15), AWC (6.60), SYC (14.85), SC (0.25), PERCOEF (0.25), ve IRAC (0.80) takip etmektedir. Son iki değerden ilki başlangıçta toprak katmanındaki mevcut su miktarıdır. Bu da elverişli su tutma kapasitesi değeri olarak alınmaktadır, son değer ise başlangıçta yeraltı suyunu katılan su miktarıdır. Bu değer de genellikle 1 inch olarak alınmakta ve modelin kabulleri arasında yer alan başlangıç değeridir.

4. satırdan 20. satıra kadar olan kısımda aylık ortalama sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{F}$) yer almaktadır. Sıcaklık değerleri Ocak ile Aralık ayları arasında ve havzadaki ölçülmüş verilerin başlangıcı 4. satırda olmak üzere veri kayıtlarının son yılı 20. satırda olmak üzere verilmiştir. Her bir satırda 12 aylık değerler ardışık olarak aralarında boşluk olmaksızın 6 karakter olacak şekilde yine sağa yaslanık olarak yazılmalıdır. Bu bölümdeki satır sayısı elde mevcut veri yılı ile orantılıdır. Elde programa girilecek kaç yıl var ise satır sayısı da o kadar alınır. Yapılan çalışmada 1985-2001 yılları dahil ölçülmüş

yağış değerleri mevcut olduğundan 17 satır bu yıllardaki aylık ortalama sıcaklık değerlerine ayrılmıştır (Ek:1).

21. satırda ise yine Ocak ayından başlayarak Aralık ayına kadar olan aylık bitki su tüketim katsayı (C_K) değerleri her aylık için 6 karakter olmak üzere sağa yaslanık biçimde girilmelidir. Burada havzada son iki yılda yapılan çalışmada arazi kullanım durumu tespit edilmiş olup, bu bitkilerin havzada kapladığı alan doğrultusunda havzaya ait ağırlıklı ortalama C_K değerleri yazılmıştır (Ek:1).

22. satırda aylık gerçek güneşlenme saatlerinin yüzde değerleri bitki su tüketim katsayılarının verildiği biçimde girilmiştir. Bu değerleri havza için bulmak amacıyla araştırma havzasına çok yakın olan Edirne Meteoroloji İstasyonunun çalışmanın yapılacağı yıllara ait 17 yıllık değerlerinden hesaplanarak ortalama değerleri hesaplanmış ve bu satıra girilmiştir (Ek:1).

4. ile 22. Satır arasında verilen aylık sıcaklık, aylık bitki su tüketim katsayıları ve aylık güneşlenme saatleri yüzde değerleri, aylık potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon değerini hesaplamak için kullanılmaktadır.

Aylık potansiyel evapotranspirasyon değerini hesaplamak için ihtiyaç olan günlük yağış değerleri toplam sayısı 23. satırda verilmiştir (Ek:1). 24. satırdan itibaren ölçülen günlük yağışlı gün ve yağış değerleri verilmektedir. Yağış değerleri inch olarak verilmiştir. Her bir satırda ardaşık 10 değer mm/dd/yyyy (ay/gün/yıl) olarak devamında boşluk bırakmaksızın sağa yaslanık olarak sekiz karaktere de yağış değerleri girilmiştir (Ek:1).

Buraya kadar olan veriler modelde çalışılacak havzaya ait verilerin modele yerleştirmesi için gerekli bilgilerdir. Eğer havzada ölçülmüş akım değerleri varsa model benzeşim yaparken yani simüle ettiği akımların randımanları değerlendirmek ve havza parametrelerini optimize etmek için bu aylık akım değerlerini kullanır. Eğer akım

değerleri mevcut ise bu değerler de yağış değerlerinden sonra programa girilir. Öncelikle akım değerleri sayısı ve aylık ya da günlük olup olmadığı belirtilir, aylık ise inch olarak günlük ise feet³/s olarak girilir. Bu satırlarda da aylık data mm/yyyy (ay/yıl) olarak ilk yedi boşluğa takip eden sekiz boşluğa da gözlenmiş akım değerleri sağa yaslanık olarak girilir. Şayet günlük akım değerleri girilecek ise aynı günlük yağış verilerinin girildiği biçim kullanılır (Ek:1).

Modele son aşamada şayet ölçülmüş akım değerleri girilmiş ise bunu belirten evet anlamında “Y” harfi gelen ilk satıra girilir. Ölçülmüş akım değerleri bulunmuyorsa “N” hayır anlamında yazılır. Bunu takip eden 6 satıra sırasıyla modelin optimizasyon için kullanacağı havza parametrelerinin alt ve üst limitleri girilir. Limit değerleri girilecek havza parametrelerinin sıralanması şöyledir; CN, AWC, SYC, SC, PERCCOEF, ve IRAC. Bu satırların yazılım biçimleri 6 satır için de aynı olmak üzere, önce alt limit değeri ilk 10 boşluğa, aralık bırakmaksızın üst limit değeri de sonraki 10 boşluğa sağa yaslanık olarak yerleştirilir Ek:1).

Son satırda bir önceki satıra SWMHMS programı için önemli olan istatistiksel fonksiyonlardan SQR (toplamın karelerindeki farklılık) ya da ABS (toplamın mutlak farkları) biri kullanıcı tarafından seçilir. Son satıra da ilk üç boşluğa modelin hangi işlemi yapacağını belirten ifade girilir, simülasyon ise “SIM”, optimizasyon ise “OPT”, hassaslık analizi ise “SEN” ifadeleri yazılmalıdır (Ek:1).

Sonuç olarak Kumdere Havzasına ait bütün verilerin modele yerleştirme işlemi tamamlanmış olup, veriler saklanır ve modelde simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizinde kullanılmak üzere hazır hale gelmiş olur.

4.2. SWMHMS Modelinin Kumdere Havzasında Uygulanması

4.2.1. Simülasyon sonuçları

Kumdere Havzasında SWMHMS modeli uygulamak için Çizelge 4.9'da havzaya ait hidrolojik verilerden havzada tespit edilenler elde edildikten sonra havzada tespit edilmesi güç olan SC ve PERCCOEF katsayılarını modelde optimizasyon yapmak suretiyle havza için bulmak mümkündür. Model akım gözlemlerinin olmadığını kırsal havzalarda optimizasyon yapmadığı için akım gözlemleri olmayan havzalarda da uygulanabilirliğini irdelemek istenmiştir.

Çizelge 4.9 Kumdere Havzası Bulunan Hidrolojik Verileri

Havza adı Periyot	Alan		CN	AWC		SYC		IRAC	Yıllık yağış		Yıllık akım	
	km ²	acre		mm	inch	mm	inch		mm	inch	mm	inch
Kumdere 1986-2001	4.4	1087.26	80.15	167.64	6.6	377.19	14.85	0.80	596.0	23.5	18.0	0.71

Bu amaçla modelde kullanılan altı hidrolojik parametreden dört parametre değeri her simülasyonda aynı kalmak üzere SC ve PERCCOEF katsayılarının 0-1 arasında değişen değerleri için bu iki katsayının değişik varyasyonları (0.25, 0.50, 0.75, 1.00) ile modelde simülasyon yapılmıştır. Çizelge 4.10'da SC ve PERCCOEF katsayıların değişik değerleri ile oluşturulan 16 simülasyon girdisi dosyasının hidrolojik parametre değerleri verilmiştir. Bu simülasyonlar sonucunda modelin hesapladığı havza yıllık su verimi ve ortalama aylık akım, havzada ölçülen yıllık su verimi ve ortalama aylık akım ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyon çalışmasının model girdi ve sonuçları özet olarak Çizelge 4.10 ve 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Havza Verileri ile Simülasyon Girdileri

GİRDİ DOSYA ADI	CN	AWC inch	SYC inch	SC	PERCOEF	IRAC
K1.DAT	80.15	6.60	14.85	0.25	0.25	0.80
K2.DAT	80.15	6.60	14.85	0.25	0.50	0.80
K3.DAT	80.15	6.60	14.85	0.25	0.75	0.80
K4.DAT	80.15	6.60	14.85	0.25	1.00	0.80
K5.DAT	80.15	6.60	14.85	0.50	0.25	0.80
K6.DAT	80.15	6.60	14.85	0.50	0.50	0.80
K7.DAT	80.15	6.60	14.85	0.50	0.75	0.80
K8.DAT	80.15	6.60	14.85	0.50	1.00	0.80
K9.DAT	80.15	6.60	14.85	0.75	0.25	0.80
K10.DAT	80.15	6.60	14.85	0.75	0.50	0.80
K11.DAT	80.15	6.60	14.85	0.75	0.75	0.80
K12.DAT	80.15	6.60	14.85	0.75	1.00	0.80
K13.DAT	80.15	6.60	14.85	1.00	0.25	0.80
K14.DAT	80.15	6.60	14.85	1.00	0.50	0.80
K15.DAT	80.15	6.60	14.85	1.00	0.75	0.80
K16.DAT	80.15	6.60	14.85	1.00	1.00	0.80

Çizelge 4.10 ve 4.11'de verilen taban akım katsayısı (SC) ve perkolasyon katsayısının (PERCCEOF) değişik varyasyonları ile yapılan simülasyon sonuçları incelendiğinde model 16 simülasyon neticesinde ortalama aylık akımları 1.91 ile 2.08 mm arasında havza yıllık su verimini ise 22.9 ile 25.0 mm arasında simüle etmiştir. Havzanın bu simülasyon yapılan periyot için ölçülmüş aylık ortalama akımı (1.50 mm) ve havza yıllık su veriminin (18.0 mm) olduğu dikkate alındığında bu iki katsayının 16 değişken değeri ile yapılan simülasyonda elde edilen yıllık su verimi ve ortalama aylık akım değerleri arasında büyük sapmalar oluşturmadağı görülmektedir.

Çizelge 4.11 Havza Verileri ile Simülasyon Sonuçları

Havza Adı	Simülasyon Periyodu	Ortalama Aylık Akım, mm		Korelasyon Katsayısı r	Regresyon Denklemi $s=m(\delta)+b$	Yıllık Su Verimi mm	
		Ölçülen	Simülasyon			Simülasyon	Ölçülen
K1.OUT	1985-2001	1.50	1.91	0.75	$1.31(\delta)+0.0$	22.9	18.0
K2.OUT	1985-2001	1.50	2.06	0.78	$1.36(\delta)+0.0$	24.7	18.0
K3.OUT	1985-2001	1.50	2.06	0.78	$1.38(\delta)+0.0$	24.7	18.0
K4.OUT	1985-2001	1.50	2.11	0.78	$1.41(\delta)+0.0$	25.3	18.0
K5.OUT	1985-2001	1.50	1.93	0.79	$1.30(\delta)+0.0$	23.2	18.0
K6.OUT	1985-2001	1.50	2.01	0.78	$1.35(\delta)+0.0$	24.1	18.0
K7.OUT	1985-2001	1.50	2.06	0.78	$1.38(\delta)+0.0$	24.7	18.0
K8.OUT	1985-2001	1.50	2.08	0.78	$1.40(\delta)+0.0$	25.0	18.0
K9.OUT	1985-2001	1.50	1.93	0.79	$1.30(\delta)+0.0$	23.2	18.0
K10.OUT	1985-2001	1.50	2.01	0.78	$1.35(\delta)+0.0$	24.1	18.0
K11.OUT	1985-2001	1.50	2.06	0.78	$1.38(\delta)+0.0$	24.7	18.0
K12.OUT	1985-2001	1.50	2.08	0.78	$1.40(\delta)+0.0$	25.0	18.0
K13.OUT	1985-2001	1.50	1.93	0.78	$1.30(\delta)+0.0$	23.2	18.0
K14.OUT	1985-2001	1.50	2.01	0.78	$1.35(\delta)+0.0$	24.1	18.0
K15.OUT	1985-2001	1.50	2.03	0.78	$1.37(\delta)+0.0$	24.4	18.0
K16.OUT	1985-2001	1.50	2.08	0.78	$1.40(\delta)+0.0$	25.0	18.0

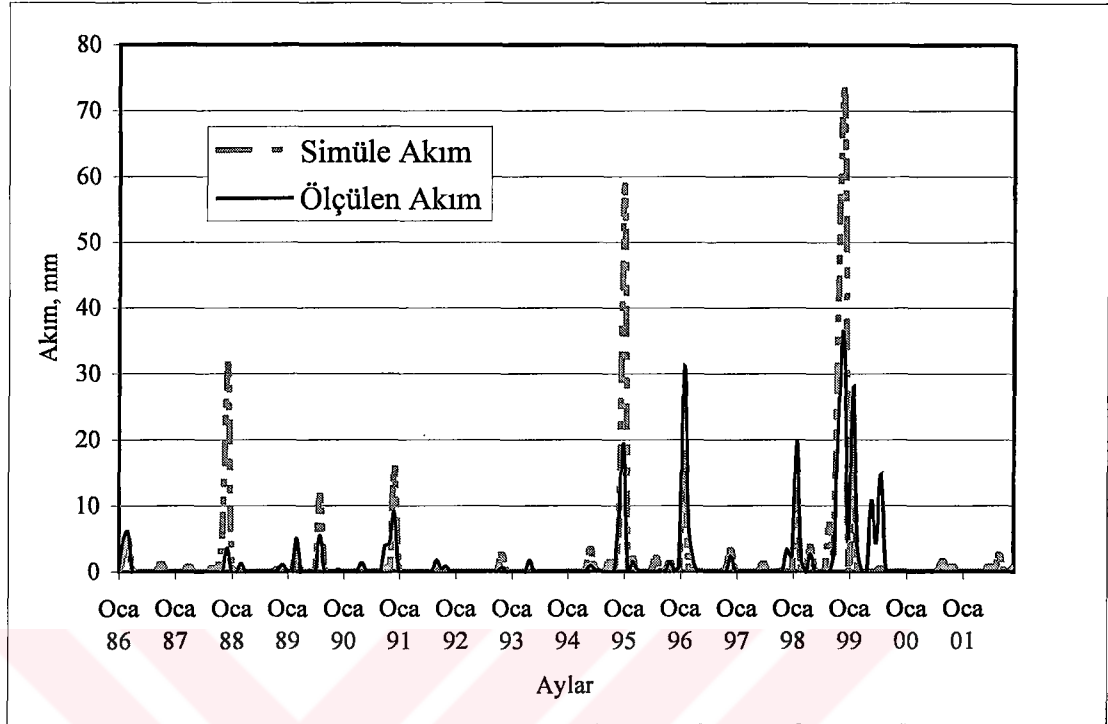
Çizelge 4.11'deki simülasyon sonuçları incelendiğinde havza su verimini tahminde Çizelge 4.10'da verilen K1, K5, K9 ve K13.DAT girdi dosyalarında PERCCOEF katsayısının en küçük değeri (0.25) ve SC katsayısının alınan dört değeri (0.25, 0.50, 0.75, 1.00) ile elde edilen simülasyon sonuçların ölçülen sonuçlara yakın olduğu görülmüştür. Çizelge 4.10'da verilen K4, K8.,K12, K16.DAT girdi dosyalarındaki PERCOEF katsayısının maksimum (1.0) değeri ve SC katsayısının alınan dört değeri (0.25, 0.50, 0.75, 1.00) kullanılarak elde edilen simülasyon sonuçları ise havzada ölçülen sonuçlardan büyük değerler vermiştir.

Çizelge 4.10'da oluşturulan 16 değişik veri girdi dosyası ile yapılan simülasyonların sonucunda havzada ölçülen yıllık su verimine en yakın sonucu veren

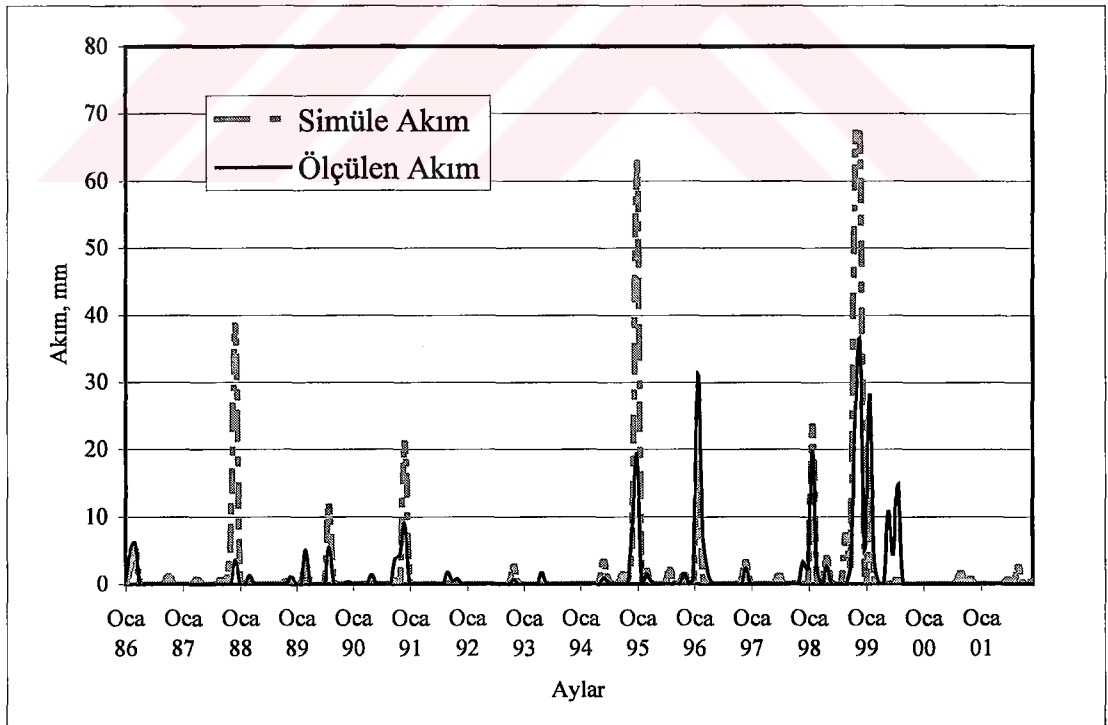
K1.DAT verileri ve en fazla farkı veren K16.DAT verilerinin aylar bazında simüle edilen ve ölçülen akım değerleri Şekil 4.2 ve 4.3`de verilmiştir. Her iki veri dosyasında modele girilen havza hidrolojik parametrelerinden sadece SC ve PERCCOEF katsayıları değiştirilmiş, diğer parametreler aynı alınmıştır. Bu katsayıların her ikisi de 0.25 alındığında (Şekil 4.2) model yıllık su verimini 22.9 mm ve regresyon katsayısını 0.79 olarak hesaplamıştır. SC ve PERCCOEF katsayılarının maksimum (1.0) değerleri alındığında (Şekil 4.3) ise model yıllık su verimini 25.0 mm regresyon katsayısını da 0.78 olarak hesaplamıştır.

K1.DAT verileri ile SWMHMS modelinde yapılan simülasyon sonucu elde edilen aylık akım (PRDFLOW), aylık PET (potansiyel evapotranspirasyon), AET (gerçek evapotranspirasyon), toprak infiltrasyon değerleri (MINF), taban akım (MBSFL), yüzey ve vejetatif tutulma (MINT) sonuçları aylar bazında, ve sonuçların istatistiksel değerleri gibi model sonuçları Ek-2`de detayı ile verilmiştir.

Özet olarak akım ölçümleri yapılmayan kırsal havzalarda modelin optimizasyon yapması mümkün olmamaktadır. Akım ölçümleri olmayan kırsal havzalarda da SWMHMS modelini havza akımlarının simülasyonunda kullanmak için havzalarda tespit edilmesi güç olan bu SC ve PERCCOEF katsayılarının değerleri ne alınmalıdır ? Bu soruya yanıt bulmak için bu iki katsayının değişik kombinasyonları ile elde edilen simülasyon sonuçları, gözlenen sonuçlar ile karşılaştırıldığında bu katsayılar sonuçları büyük oranda etkilememektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus havzada taban akım fazla ise her iki katsayının maksimum değerleri, tersi durumunda minimum değerleri alınmalıdır.



Şekil 4.2.Kumdere Havzası K1.DAT Verileri ile Simüle ve Ölçülen Aylık Akımlar



Şekil.4.3 Kumdere Havzası K16.DAT Verileri ile Simüle ve Ölçülen Aylık Akımlar

4.2.2. Optimizasyon sonuçları

Değerlendirme yapılacak havzada ölçülmüş akım değerleri bulunuyorsa SWMHMS modeli ile optimizasyon yapmak mümkündür. Optimizasyonun amacı havzada ölçülen ve ölçülemeyen 6 havza hidrolojik parametre değerlerinde ölçülen akımlara göre düzeltmeler yaparak simülasyon sonuçlarının randımanı arttırmaktadır.

Kumdere havzasında yapılan çalışma ile tespit edilen havzaya ait altı hidrolojik parametre değerleri (K1.DAT ve K16.DAT) kullanılarak optimizasyon yapılmıştır. Model havza için en uygun 6 hidrolojik parametre değerlerini tespit etmek amacıyla iki istatistiksel yöntem olan SQR (Karelerinin farklarının toplamı) ve ABS (Mutlak değerlerinin farklarının toplamı) fonksiyonlarını kullanarak optimizasyon yapmaktadır. K1.DAT verileri ile yapılan optimizasyon Çizelge 4.12'de K16.DAT verileri ise Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Kumdere Havzası K1.DAT Hidrolojik Verileri için Optimizasyon Sonuçları

SQR	CN	AWC	SYC	SC	PERCCOEF	IRAC	OBJVAL
K1.Dat	80.15	6.60	14.85	0.25	0.25	0.80	
1.opt.	75.00	9.00	1.50	0.10	0.10	0.70	3.195
2.opt.	79.00	10.60	0.45	0.09	0.03	0.78	2.268
ABS	CN	AWC	SYC	SC	PERCCOEF	IRAC	OBJVAL
1.opt.	75.00	9.00	1.50	0.90	0.10	0.90	7.361
2.opt.	75.00	9.00	1.35	0.97	0.27	0.85	7.176

Çizelge 4.13. Kumdere Havzası K16.DAT Hidrolojik Verileri için Optimizasyon Sonuçları

SQR	CN	AWC	SYC	SC	PERCCOEF	IRAC	OBJVAL
K16.dat	80.15	6.60	14.85	1.00	1.00	0.80	
1.opt.	75.00	9.00	1.50	0.10	0.10	0.70	3.195
2.opt.	79.00	10.60	0.45	0.09	0.03	0.78	2.268
ABS	CN	AWC	SYC	SC	PERCCOEF	IRAC	OBJVAL
1.opt.	75.00	9.00	1.50	0.90	0.10	0.90	7.361
2.opt.	75.00	9.00	1.35	0.97	0.27	0.85	7.176

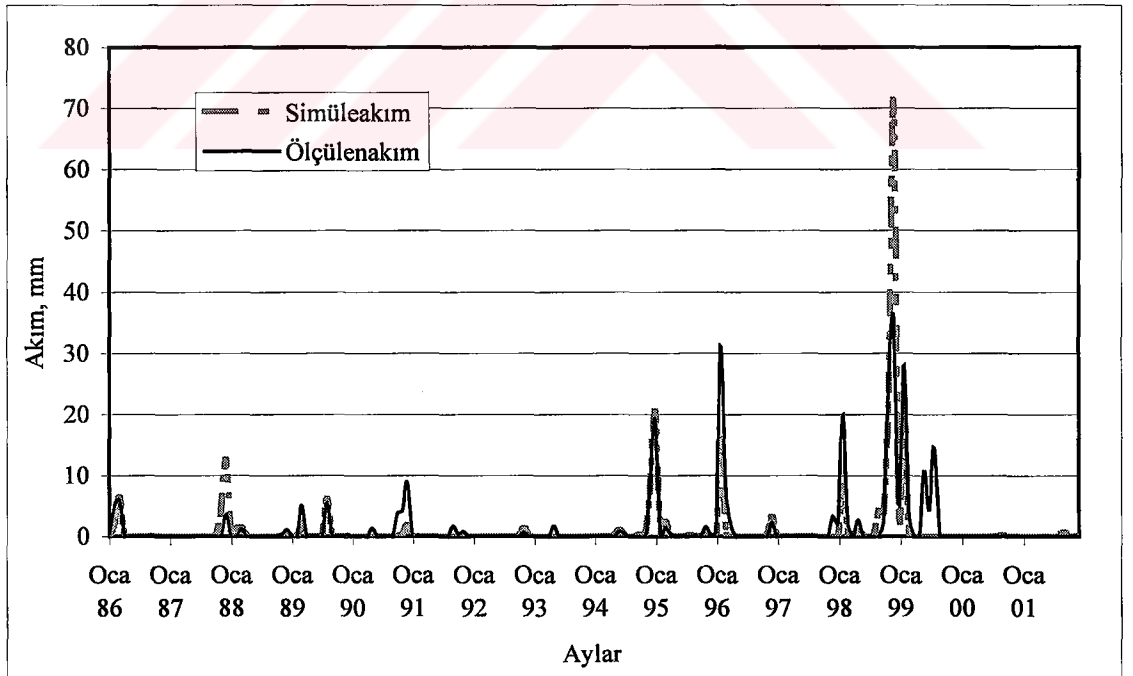
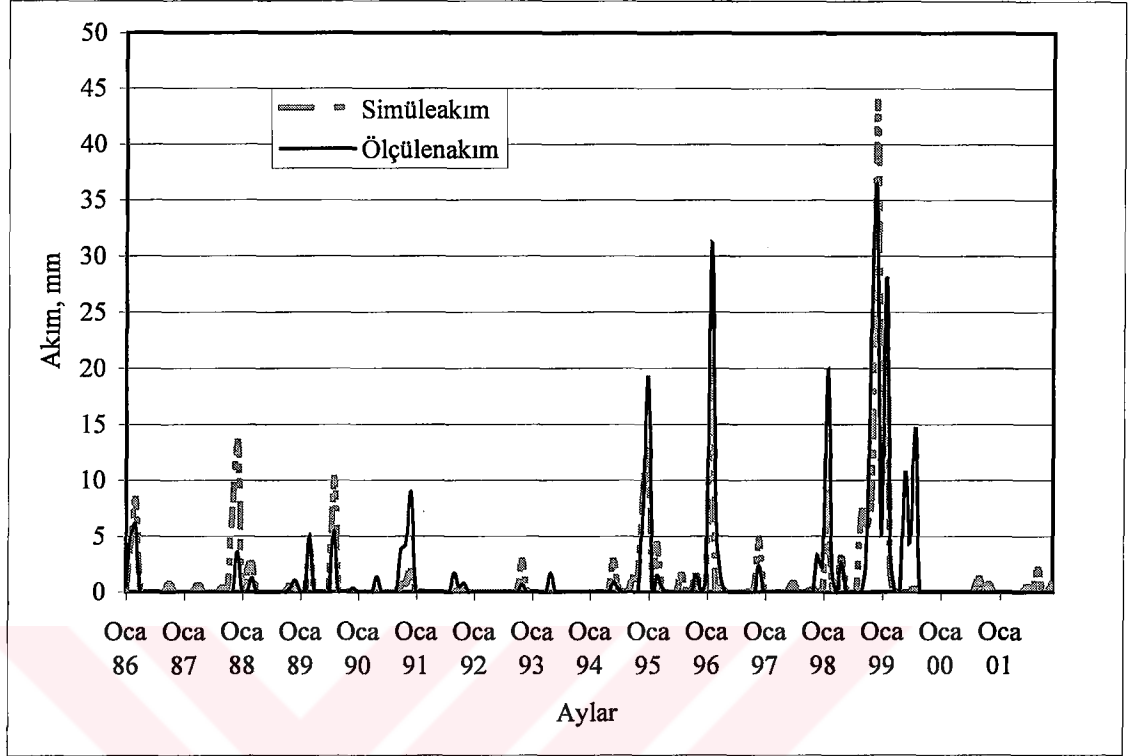
Optimizasyon sonuçlarına havzaya ait 6 hidrolojik parametre yönünden bakıldığında her iki (K1.DAT ve K16.DAT) veri grubunun optimizasyon sonuçları aynıdır. Bu da optimizasyonda kullanılan ölçülmüş akım değerlerinin ve optimizasyon öncesi modele 6 hidrolojik parametre için girilen maksimum ve minimum sınır değerlerin her iki (K1.DAT ve K16.DAT) veri dosyasında aynı olmasındandır.

Bu optimizasyon sonucunda havza için modelin oluşturduğu her iki istatistiksel fonksiyonun ikinci optimizasyon sonuçlarındaki hidrolojik veriler ile Kumdere Havzasında SWMHMS modeli kullanılarak yeniden simülasyon yapılmıştır. Bu simülasyon sonuçların özeti Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Optimizasyon Sonrası Kumdere Havzasının Simulasyon Sonuçları

Havza Adı	Simülasyon Periyodu	Parametre Tipi	Ortalama Aylık Akım, mm		Korelasyon Katsayısı r	Regresyon Denklemi $s=m(\delta)+b$	Yıllık su verimi	
			Ölçülen	Simülasyon			Simülasyon mm	Ölçülen mm
Kumdere	1986-2001	SQR	1.50	1.26	0.84	$0.83(\delta)+0.01$	15.15	18.0
		ABS		1.21	0.81	$0.98(\delta)-0.01$	14.49	18.0

Çizelge 4.14'de özeti verilen simülasyon sonuçlarının detayı SQR istatistiksel parametre tipine göre Ek-3'de, ABS istatistiksel parametre tipine göre Ek-4'de verilmiştir. Ölçülen ve simüle edilen aylık akımlar kullanılan istatistik fonksiyon türüne göre Şekil 4.4'de ve 4.5'de verilmiştir.



Havza hidrolojik parametreleri için her iki istatistiksel fonksiyonu ile yapılan optimizasyonunda SYC, SC ve PERCCOEF değerleri yapılan istatistiksel fonksiyon değerlendirmesi yönünden önemli çıkmıştır.

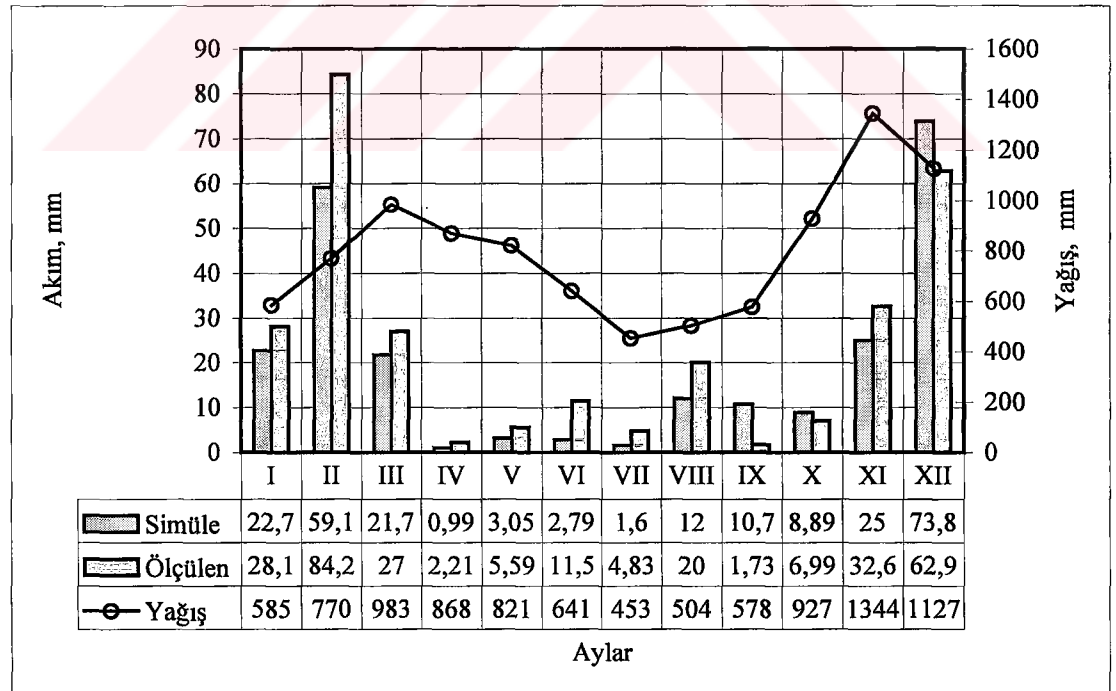
Bu fonksiyonlarından SQR ile yapılan simülasyon sonuçları gerek aylık akımlardaki farklar gerekse yıllık su verimi yönünden ölçülen değerlere daha yakın sonuçlar vermiştir. Allred ve Haan (1996) Amerika'nın değişik iklim bölgelerinde 6 havzada yaptıkları çalışmada da SQR değerlerinin daha uygun sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Bu havzalarda korelasyon katsayısını 0.60 ile 0.95 arasında tespit etmişlerdir. Kumdere Havzası için bu değer SQR fonksiyonu sonuçlarına göre 0.84 bulunmuştur. Yine aynı araştırmacılar modelin simüle ettiği aylık akımları ölçülen akımların biraz altında fakat ölçülen değerlere yakın bulmuşlardır. Kumdere Havzasında da model tarafından simüle edilen ortalama aylık akım miktarı 1.26 mm dir. Bu değer ölçülen aylık akım miktarının (1.50 mm) altında fakat ölçülen değere yakındır.

Hindistan'da küçük havzalarda SCS nin yüzey akım eğri numarasını kullanarak yapılan çalışmada ölçülen akım ile simüle akımlar arasında uygunluk bulmuşlardır (Pathak ve ark., 1989). Bu çalışmada kullanılan model de aynı yöntem esasına göre çalışmakta ve Kumdere Havzasında uygulanmasında simüle ve ölçülen akımlar arasında benzer sonuçlar vermiştir.

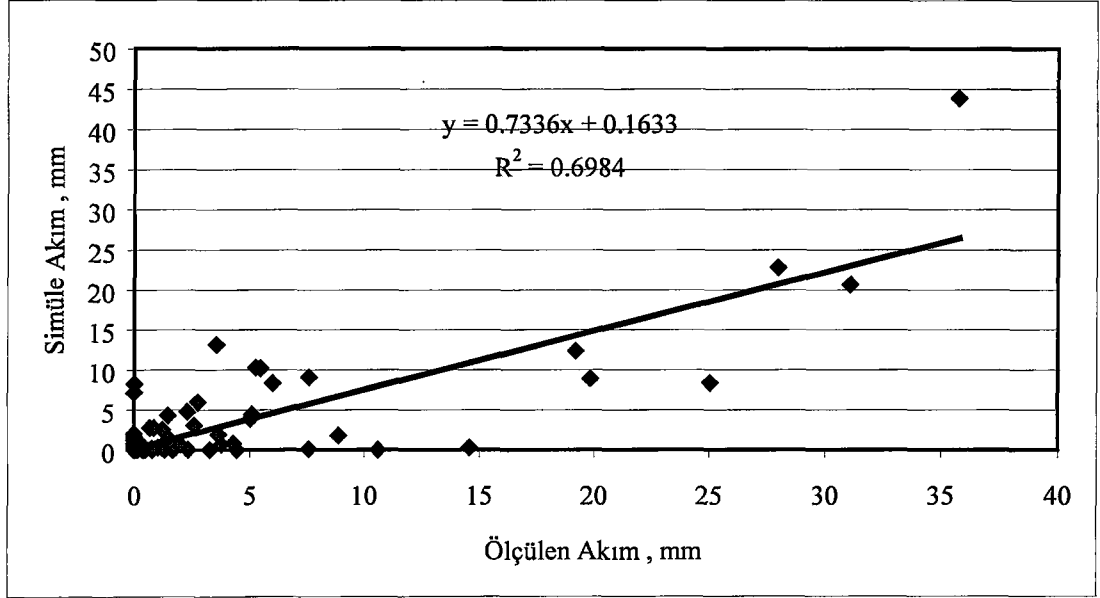
Allred ve Haan (1996) SWMHMS modelini bu modele göre daha kompleks bir model olan fakat aylık akım hesaplamasında aynı eşitliği kullanan CREAMS modelinin kullanıldığı 4 havzada test etmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda bu havzalar için ortalama korelasyon katsayısını 0.77 bulmuş iken CREAMS modelinin bu havzalar için ortalama korelasyon katsayısını 0.74 olarak hesapladığını belirtmişlerdir. Kumdere Havzası için SQR ve ABS istatistiksel fonksiyonları ile bulunan korelasyon katsayısının ortalaması da 0.82 olarak bulunmuştur. Bu da modelin simüle edilen akımlar ile ölçülen akımlar arasında modelin kullanılabilir sonuçlar verdiğini göstermektedir. Nemec'de (1972)

Hidrolojik çalışmalarda korelasyon katsayısının 0.60'dan büyük bulunduğunda gözlenen akım ile tahmin edilen akım arasında önemli bir ilişki olduğu belirtmektedir.

Kumdere Havzası simülasyon sonuçlarının verildiği Ek:3'de akımların aylar bazında dağılımları incelendiğinde, ölçülen aylık akımlar ile simüle edilen akımların değerleri yakın çıkmıştır. Sadece Şubat ayı akımlarında gözlenen akıma göre tahmin edilen akım arasındaki fark gözlenen akım lehinde fazla tespit edilmiş, Aralık ayında ise yukarıda belirtilenin tersi olmuştur. Buna neden olarak Aralık ayı kar yağışlarının su eş değerleri modele o aya ait yağış değerleri olarak girilmiştir. Bu kar yağışları havzada depolanmış dolayısıyla model akım olmadığı halde fazla akım tahmin etmiştir. Şubat ayında karların toprağı doyurması ve günlük sıcaklık değişimindeki farklar nedeniyle eriyerek akıma geçmesi ve intensitesi yüksek yağışlar sebebiyle farkın artmasında etkili olduğu söylenebilir. Şekil 4.6'de 16 yıllık toplam akımın aylar bazında dağılımı verilmiştir. Ölçülen akım ile simüle edilen akımların aylar bazında regresyon doğrusu ve denklemi Şekil 4.7 da verilmiştir.

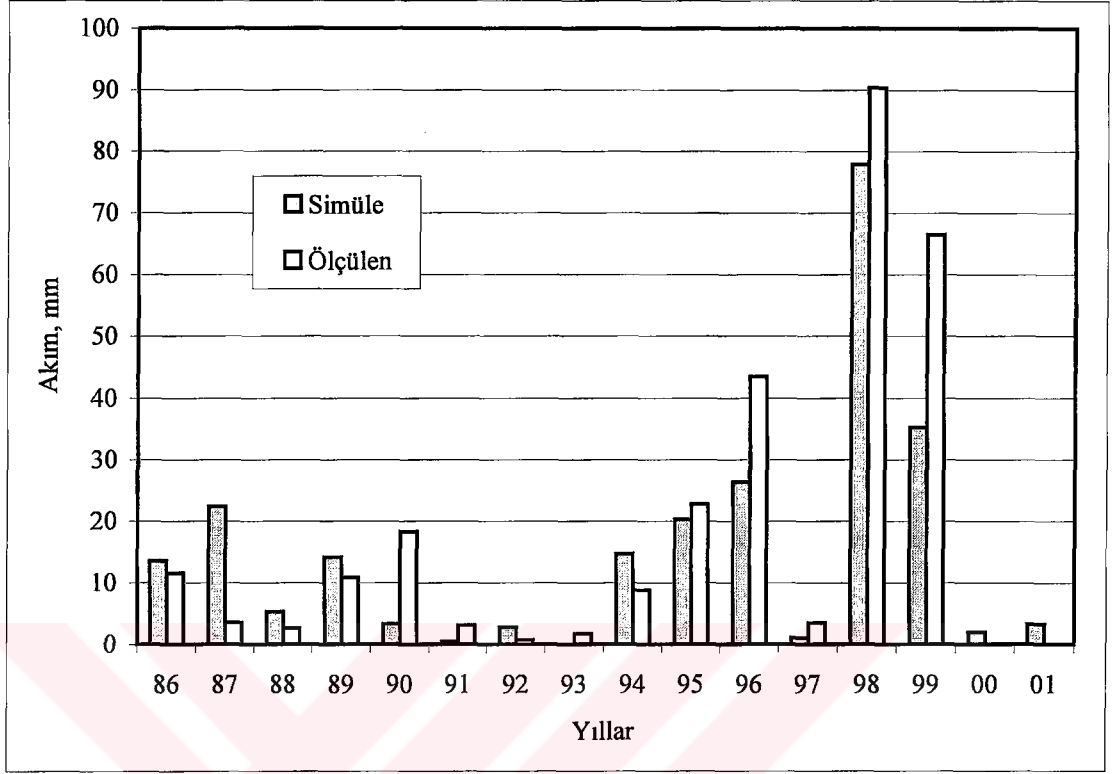


Şekil 4.6 Simüle ve Ölçülen Akımların Aylar Bazında Dağılımları

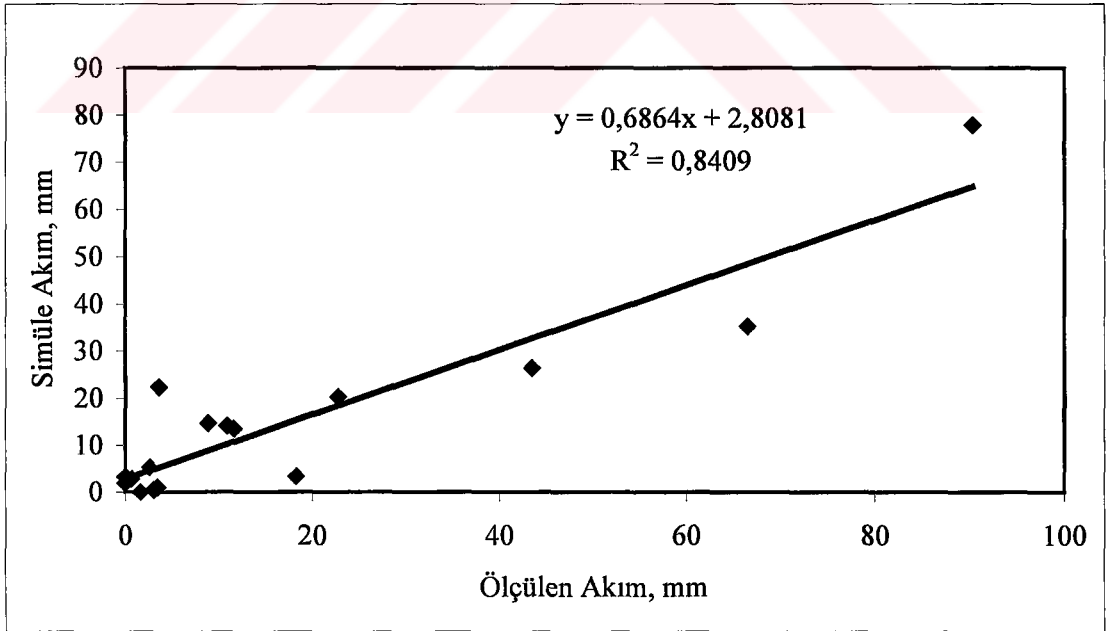


Şekil 4.7. Simüle ile Ölçülen Akımın Aylar Bazında Regresyon Doğrusu

Kumdere Havzasında Ek:3'de verilen simülasyon sonuçlarına göre ölçülen ve simüle edilen akımların yıllar bazında dağılımları Şekil 4.8'de verilmiştir. Şekil 4.9'da ise bu akımların regresyon doğrusu ve denklemi verilmiştir. Akımların yıllar bazında dağılımı incelendiğinde, 1987, 1990, 1996 ve 1999 yılları dışında ölçülen ve simüle edilen akımların uyduğu görülmektedir. 1987 yılı simüle edilen akım (27.3 mm), ölçülen akım (3.5 mm) dir. Buradaki fark 1987 yılı Kasım ve Aralık aylarında havzada kar yağışları görülmüştür. Bu kar örtüsü havzada birikmiş ortalama sıcaklıklar bu aylarda düşük seyretmiş ve akım oluşturmamıştır. 1990 yılı akımları incelendiğinde Ekim, Kasım ve Aralık ayları, 1996 yılı Şubat ve Mart ayları havza topraklarının infiltrasyon hızlarından yüksek intensiteli yağışlar sebebiyle ölçülen akımlar simüle akımlardan fazla çıkmıştır. 1999 yılı Haziran, Temmuz, ve Ağustos aylarında şiddetli yaz yağışları ile yağış kısımlarına (tutulma, infiltrasyon vb.) ayrılmadan direk yüzey akım oluşturmıştır. Bu sebeplerden dolayı ölçülen akımlar simüle akımlardan fazla çıkmıştır.



Şekil 4.8. Kumdere Havzası Yıllık Akımların Dağılımı

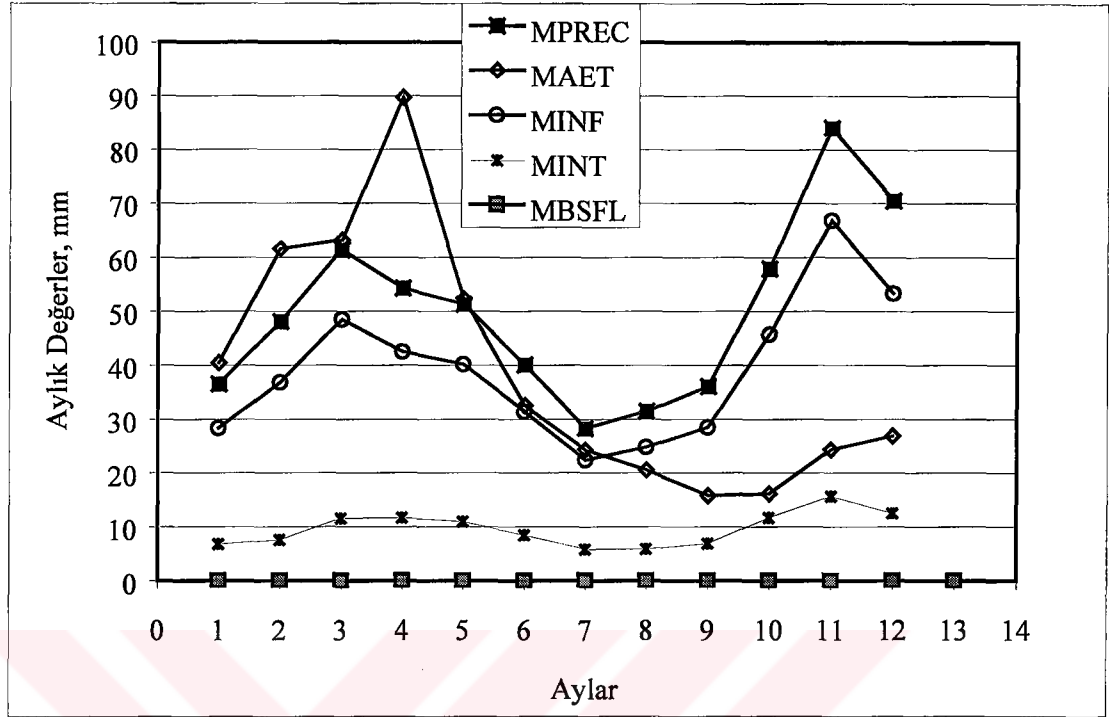


Şekil 4.9. Kumdere Havzası Yıllık Akımların Regresyon Doğrusu

SWMHMS modelinin Kumdere Havzasında optimizasyon sonrası elde edilen havza hidrolojik parametreleri ile simülasyonu sonucunda (Ek:3) aylık akımların simülasyonu dışında havzaya ait aylık evapotranspirasyon (MAET), aylık infiltrasyon (MINF) ve aylık yağış tutulma (MINT) değerleri de elde edilmiştir. Bu değerlerin 16 yıllık aylar bazında dağılımı Şekil 4.10'da verilmiştir.

Havzada aylık yağışların (MPREC) dağılımında, 16 yıllık toplamda en fazla aylık yağış Kasım ayında, en az aylık yağış ise Temmuz ayında görülmüştür. Yağışa paralel olarak aylık infiltrasyon ve aylık yağış tutulma değerleri de aylık yağışlar ile aynı dağılımı göstermiştir. Aylık evapotranspirasyon değerlerindeki dağılım havzada tarımı yapılan bitki örtüsünün (buğday-ayçiçeği) arazide birlikte ve ayrı bulunduğu dönemlerdeki su tüketimi değerlerine göre bir dağılım göstermiştir. Karaş (1998) Kurukavak deresi havzasında SWRRB modelini kullanarak havza su verimi belirlemeye çalışmıştır. Su verimi hesaplamalarında SWRRB modelinin kullandığı Ritchie (1972) yaklaşımını esas alarak elde edilen evapotranspirasyon değerlerinin bu konuda geliştirilen diğer yaklaşımlarla ve lizimetre çalışmaları ile uyum göstermediğini belirtmiştir. Model Aylık ve mevsimlik ET değerleri arasında önemli bir fark göstermemiştir. Bu sebeple modelin ET yaklaşımının gözden geçirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Halbuki SWMHMS modelinin aylık ve mevsimlik ET değerleri için kullandığı Blaney-Criddle yaklaşımının Kumdere havzasında uygun sonuçlar verdiği görülmüştür.

Elde edilen bu değerlerden özellikle aylık evapotranspirasyon ve aylık infiltrasyon değerleri de modelin kullanıldığı havzada yapılacak göletin faydalı hacmini hesaplamada kullanılabilir.



Şekil 4.10. Aylık Yağış, Evapotranspirasyon, İnfiltrasyon ve Tutulma Değerleri

4.2.3. Hassaslık analizleri sonuçları

Çizelge 4.12-13'de verilen optimizasyon değerleri ile SWMHMS modeli ile hassaslık analizi yapılmıştır. Her iki istatistiksel fonksiyon (SQR ve ABS) kullanılarak havza hidrolojik parametrelerinin belirlenmiş yüzde oranlarındaki değişimleri ve oransal hassaslık katsayıları verilmiştir (Ek:5 ve Ek:6). Elde edilen sonuçlardan hidrolojik parametrelerin oransal hassaslık katsayıları Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15 Kumdere Havzası Hidrolojik Parametreleri Oransal Hassaslık Katsayıları

İstatistik Fonksiyonu	CN	AWC	SYC	SC	PERCCOEF	IRAC
SQR	9.0563	1.5072	0.0775	0.000	0.000	1.5661
ABS	5.2185	2.2967	0.1534	0.0142	0.045	2.0169

Bu hassaslık analizinin amacı optimizasyon sonucu elde edilen havza hidrolojik parametreleri ile simülasyon yapılacak havzada simülasyon sonuçlarına hangi hidrolojik parametrenin en büyük etkiyi yaptığını, başka bir ifade ile hangi havza hidrolojik parametrelerinin daha az hassas olduğunu belirlemektir. Çizelge 4.15`de Kumdere Havzası için bulunan oransal hassaslık katsayılarında CN (yüzey akış eğri numarası) hidrolojik parametresinin modelde aylık akımların simüle edilmesinde en önemli parametre olduğunu göstermektedir. CN hidrolojik parametresini sırasıyla AWC (elverişli su tutma kapasitesi) ve IRAC (başlangıçtaki yağış tutulma katsayısı) parametreleri takip etmiştir. Diğer parametreler olan SYC, SC, ve PERCCOEF, ise çok az hassas ya da etkisiz bulunmuştur. Çünkü yüzey akım hesaplamalarında Bu üç değer (CN, AWC, IRAC) kullanılmakta SC ve PERCCOEF katsayıları taban akım hesaplamalarında kullanılmaktadır. Kullanılan modelin daha çok kuru dereler üzerinde yapılan çalışmalarda daha iyi sonuçlar vermesi de bunu göstermektedir.

Kumdere Havzasında SWMHMS modeli ile yapılan optimizasyon sonucunda (Çizelge12 ve 13) her iki istatistiksel fonksiyonu ile bulunan CN değerleri Amerikan Toprak Muhafaza Servisi`nin (SCS) geliştirdiği en düşük yüzey akış potansiyeli (Şart I, kuru şart), ortalama yüzey akış potansiyeli (Şart II, normal şart) ve En yüksek yüzey akış potansiyeli (Şart III, ıslak şart) için belirlenmiş CN değerleri ile karşılaştırılmış ve Çizelge 4.16`da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Kumdere Havzası CN (Eğri Numarası) Değerleri

Havza Adı	Optimize Edilen CN (SQR)	Optimize Edilen CN (ABS)	SCS Şart I için CN	SCS Şart II için CN	SCS Şart III için CN
Kumdere	79.00	75.00	63.15	80.15	91.15

Optimizasyon ile bulunan CN değerleri modeli kullanmak için havzadaki şartlar dikkate alınarak şart II için bulunan CN (80.15) değerine yakındır. Model metot bölümünde 3.1 eşitliğinde şart II ye göre verilen CN değerini kuru şartlar için olan şart I

için CN değerine dönüştürmektedir. Bu da benzer havzalarda hesaplamada şart II değerine göre CN hesaplamasının doğru olacağını göstermektedir.

4.3. Kumdere Havzası Yıllık Su Veriminin Turc Metodu İle Bulunması

Kumdere Havzası için Turc metodu uygulandığında havzada oluşacak yıllık su verimi aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$T= 13.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$A= 4.40 \text{ km}^2$$

$$Q= 18.0 \text{ mm}$$

$$P= 596.0 \text{ mm}$$

$$L=300 \text{ katsayı}$$

Havza için elde edilen bu veriler ile Turc metodundaki eşitliklerde uygulandığında; yıllık su verimi Kumdere Havzası için 117.1 mm olarak bulunmuştur.

SWMHMS modelinde optimizasyon sonrası yapılan simülasyon sonucunda bulunan yıllık su verimi 15.15 mm'dir. Bu değer ile Turc metodu ile bulunan yıllık su verimi arasında yaklaşık olarak sekiz kat fark vardır. Bu değerler Turc metodunun kırsal havzalarda sağlıklı sonuçlar vermediğini göstermektedir. Halbuki Model simülasyonu bulunan yıllık su verimi (15.15 mm) ile havzada ölçülen yıllık su verimi (18.00 mm) arasında 2.85 mm gibi çok az bir fark vardır.

5. SONUÇLAR

Kırsal havzalarda aylık akımların belirlenmesi amacıyla geliştirilen SWMHMS havza hidrolojisi modeli, Trakya Bölgesindeki Kırklareli Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü hidrolojik araştırma havzalarından olan Edirne-Merkez-Kumdere Havzasında uygulanmıştır. 2000-2001 yıllarında modelin çalıştırılması için gerekli havzaya ait altı hidrolojik parametre, günlük yağış ve aylık akım değerleri, aylık evapotranspirasyon verileri için gerekli katsayılar elde edilmiş ve modelin uygulama olanakları araştırılmıştır.

Modelin kırsal havzalarda uygulanabilmesi için gerekli hidrolojik parametrelerden (CN, AWC, SYC, IRAC) Kumdere Havzası için bulunmuştur. Modelin akım ölçümleri bulunmayan kumdere havzasına hidrolojik yönden benzer havzalarda da kullanılmasını irdelemek üzere modelde kullanılan SC ve PERCCEOF katsayılarının değişik kombinasyonlarından oluşan 16 simülasyon yapılmış sonuçta 0-1 arasında değişen bu iki katsayının aylık ve yıllık su verimi üzerinde büyük oranda etki yapmadığı belirlenmiştir. Hassaslık analizi sonuçları da bu iki katsayının önemsiz olduğunu göstermiştir

Küçük havzalarda yıllık su verimi hesaplamada proje mühendislerinin kullandığı Turc metodu ile yapılan hesaplamada Kumdere Havzasının yıllık su verimi 117.1 mm bulunmuştur. Bu değer havzada modelin simülasyonu ile bulunan yıllık su verimi (15.15 mm) ve havzada ölçülen yıllık su verimi (18.0 mm) değerlerinden sırasıyla 7.7 ve 6.5 kat fazladır.

Kumdere Havzası için SWMHMS Modeli ile yapılan optimizasyon öncesi ve sonrası elde edilen simülasyon sonuçları özet olarak Çizelge 5.1 de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Kumdere Havzası SWMHMS Modeli Simülasyon Sonuçları

Kumdere Havzası için SWMHMS model simülasyon sonuçları	Simülasyonlar		
	Optimizasyon öncesi, inch	Optimizasyon (SQR) sonrası, inch	Optimizasyon (ABS) sonrası, inch
Ölçülen aylık yağış	1.97	1.97	1.97
Ölçülen aylık akım	0.06	0.06	0.06
Simüle edilen aylık akım	0.07	0.05	0.05
Toprak evapotranspirasyonu	1.54	1.53	1.65
Toprak infiltrasyonu	1.59	1.54	1.66
Taban akım	0.05	0.00	0.01
Yağış tutulması	0.36	0.38	0.27
Akım korelasyon katsayısı	0.79	0.84	0.81
Akım regresyon denklemi	$s=1.31(\delta)+0.0$	$s=0.83(\delta)+0.01$	$s=0.98(\delta)-0.01$
Simüle havza yıllık su verimi	0.90	0.60	0.57
Ölçülen havza yıllık su verimi	0.71	0.71	0.71

Havza için yapılan ve Çizelge 5.1'de verilen her üç simülasyon sonucunda ölçülen ortalama aylık akım ile simüle edilen ortalama aylık akım değerleri uygunluk göstermektedir. Korelasyon katsayısının her üç simülasyonda da yüksek çıkması modelin havzada uygulanabilirliğini artırmıştır.

Havza hidrolojik parametrelerinin bulunmasında, hangi havza parametresinin akımları hesaplamada daha önemli olduğunu bulmak için yapılan hassaslık analizinde her iki veri tipinde de CN (yüzey akış eğri numarası) diğer verilere göre oldukça büyük oranda hassas çıkmıştır. Bu parametreyi AWC (elverişli su tutma kapasitesi) ve IRAC (başlangıçtaki yağış tutulma katsayısı) takip etmiştir. Diğer parametreler SYC (sızan su miktarı), SC (taban akım katsayısı) ve PERCCOEF (perkolasyon katsayısı) önemsiz çıkmıştır. CN aylık akımları hesaplamada en büyük etkiyi yaptığından özellikle ölçüm yapılmayan havzalarda model kullanılmadan önce CN, AWC, ve IRAC değerleri iyi hesaplanmalıdır.

Kumdere Havzası için yapılan çalışma sonucu bulunan CN değeri şart II için bulunmuştur. Modelde şart II' ye göre bulunan eğri numarası 3.1eşitliğini kullanarak şart I için eğri numarasına çevirmektedir. Şart I eğri numarasının kullanılmasının sebebi,

bilindiği üzere depolama yapıları kurak periyotlar dikkate alınarak planlanmaktadır. Yapılan optimizasyon sonuçlarında bulunan CN (79.00) değeri de kumdere havzası için bulunan CN (80.15) şart II değelerine yakındır.

Kumdere Havzasında kullanılan SWMHMS modeli kullanıcıdan istediği hidrolojik parametreleri ile gerek simölasyon, optimizasyon veya hassaslık analizi aşamasında gerekse modelden sonuçların alınmasında kullanımı basit bir modeldir. Kavramsal olarak kullanım kolaylığı olan, aylık akımları ve havza su veriminin belirlenmesinde minimum havza verisi ile oldukça güvenilir sonuçlar vermektedir.



6. ÖNERİLER

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda; havza yıllık su verimini belirlemede amprik yöntemler yerine SWMHMS modeli gibi sürekli benzeşim modelleri kullanılarak kırsal havzalarda yıllık su verimleri belirlenmeye başlanmalıdır.

SWMHMS modeli ülkemizde mevcut değişik yörelerdeki araştırma havzalarında CN değerleri havzaların hidrolojik şartlarına göre değiştirilmek suretiyle havza su verimini tahmin etmek amacıyla test edilmelidir. Bu model ülkemizde, özellikle kırsal küçük havzalarda kompleks modellerin istedikleri verilerin yetersizliği göz önünde bulundurulduğunda proje mühendisleri tarafından akım ölçümü yapılmayan Kumdere Havzasına benzer havzalarda su verimini tahmin etmek için kullanılabilir. Bunu için havzaya ait yağış verileri ve modelde verilen havza hidrolojik parametrelerin belirlenmesi yeterlidir.

SWMHMS simülasyon modeli kullanılarak bölgelerin eş akım eğrileri bulunabilir. Bu bağlamda ülkesel eş akım eğri haritaları çıkarılabilir.

Kullanım kolaylığı olan SWMHMS modeli aynı zamanda üniversitelerde hidrolojik modellemeyi öğrencilere aktarmada bir eğitim aracı olarak da kullanılabilir. Ayrıca ülkemizde oldukça yeni olan model geliştirme çalışmalarında bu model üzerinde modifikasyon yaparak yeni bir model geliştirmek amacıyla da kullanılabilir.

7. KAYNAKLAR

Akbay, Ş. ve Bakanoğulları, F., 1996. Edirne-Merkez Kumdere Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı (1995) . T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Yayın No: 98 ANKARA.

Allred, B. ve Haan C.T., 1995. Small Watershed Monthly Hydrologic Modeling System Users Manual. Oklahoma State University. (Basılmamış)

Aksoy, H. ve Bayazıt, M., 2000. A Daily Intermittent Streamflow Simulator. Turkish Journal of Engineering and Environmental Science. V.24, 265-276 ANKARA

Allred, B. ve Haan C.T., 1996. Small Watershed Monthly Hydrologic Modeling System. Journal of the American Water Resources Association Vol. 32, No.3 USA.

Arnold, J. G., ve Williams, J. R., 1987. Validation of SWRRB- Simulator of Waters in Rural Basins. Journal of Water Resources Managment. ASCE 113(2): 243-246 USA

Anonymus, 1995. Araştırma Master Planı. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Yayın No: 87 s, 101-116 ANKARA.

Ashraf, M.S., Boll, J., Pierson, F., 1998. Evaluation of WEPP Model in a Northwest Rangeland Watershed. ASAE Annual International Meeting paper No.98-2049 Orlando, Florida, USA

Balaban, A., 1986. Su Kaynaklarının Planlanması. A.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları No: 972 ANKARA.

Binger, R.L., 1990. Comparison of the Components Used in Several Sediment Yield Models. Transaction of the ASAE. 33:4 , 1229-1238 USA.

Binger, R.L., Mutcher, CK., Murphree, CE., 1992. Predictive Capabilities of Erosion Models for Different Storm Size. Transactions of the ASAE. 35: 2, 505-513 USA.

Birpınar, M.E., 1997. Taşkın Debilerinin Belirlenmesinde SCS-Sa Paket Programı ve Türkiye Şartlarına Uygulanması. Su Kaynaklarının Korunması ve İşletilmesi Sempozyumu. S.189-198 2-3 Haziran 1997 İSTANBUL.

Bhaskar, N. R., James, W. P. ve Devulapalli, R. S., 1992. Hydrologic Parameter Estimation Using Geographic Information System, Journal of Water Resources Planning and Management, v.118, n.5, p.492-572

Blaney, H. F., 1959. Monthly Consumptive Use Requirements for Irrigated Crops. ASCE Journal of the Irrigation and Drainage Division. 85 (IR1 pt.1): 1-12.

Blaney, H. F., ve Criddle, W. D., 1950. Determining Water Requirements in Irrigated Areas from Climatological and Irrigation Data. USDA Div. of Irrigation and Water Conserv. SCS TP-96.

Capece, John C., Campell, Kenneth L., Baldwin, Lloyd B., 1989. Runoff Estimation Techniques for Flatwoods Watershed. Southern Cooperative Series Bulletin No: 338 :78-91 Tifton, Georgia.

Chiew, F., McMahon, T., 1994. Application of Daily Rainfall-Runoff Model MODHYDROLOG to 28 Australian Catchments. Journal of Hydrology, 153, 383-416. USA

Dalgün, N., 2000. Su Toplama Yapılarının Projelendirilmesinde Yağış-Akış İlişkisinin Değerlendirilmesi ve Karşılaşılan Sorunlar. II. Ulusal Kar Kongresi. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No: 73 Sayfa No: 51-60 ERZURUM.

Duranyıldız, İ., 1994. Su Kaynaklarının Geliştirilmesinde Stokastik Hidrolojinin Önemi. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı. T.C. Bayındırlık Bakanlığı D.S.İ. Genel Müdürlüğü Cilt 1 S.139-146 ANKARA.

Gökalp, H. Y., 2001. Tarım ve Köy Gazetesi . www.tarim.gov.tr/haberler/eylul2001

Haan, C.T., Johnson, H.P., Brakensiek, D.L., 1982. Hydrological Modelling of Small Watershed. an ASAE monographnumber 5.

Johansson, B., Seuna, P., Gustard, A., Arnell, NW., 1994. The Relationship between Catchment Characteristics and the Parameters of a Conceptual Runoff Model. Proceedinds of an Intenational Conference Held at the Technical University of Brunswick, Germany No. 221: 475-482.

Karabörk, M.Ç., Kahya, E., 1998. Sakarya Havzasındaki Aylık Akımların Çok Değişkenli Stokastik Modellemesi. Turkish Journal of Engineering and Environmental Science. V.23, 133-147 ANKARA

Karaş, E. 1998. Kurukavak Deresi Havzasında Su veriminin SWRRB-WQ Modeli ile Belirlenmesi. II.Ulusal Hidroloji Kongresi, (22-24 Haziran 1998), İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İSTANBUL

Kuchment, L.S., Demidov, V.N., Naden, P.S., Cooper, D.M., 1996. Rainfall-Runoff Modelling of the Ouse Basin, North Yorkshire. Journal of Hydrology v.181:323-342.

Lee, J., 1993. A Formal Approach to Hydrological Model Conceptualization. Hidrological Siences, 38: 391-400 USA

Nash, L. L., Gleick, P. H. 1991. Sensitivity of Streamflow in The Colorado Basin to Climatic Changes. Journal of Hydrology, v.25, n.3-4, p.221-241

Nemec, J. 1972. Engineering Hydrology, p.140, McGraw Hill Book Company, NEW YORK

Önal, R., Usul, N., 1994. Küçük Havzalarda Yüzey Akım Miktarının Bulunmasında Kullanılabilecek Parametrelerin Tayini. Türkiye Ulusal Jeodezi Jeofizik Bildirileri, s. 426-438, MSB, Harita Genel Müdürlüğü, ANKARA.

Özgüler, H., Usul, N., 1994. Yıllık Ortalama Akımlar İçin Genel Bir Tahmin Yöntemi ve Sakarya Havzasında Uygulanması. Su ve Toprak Kaynaklarının geliştirilmesi Konferansı. T.C. Bayındırlık Bakanlığı D.S.İ. Genel Müdürlüğü Cilt 1 S.199-221 ANKARA.

Özgüler, H., 1996. Havza Hidrolojisinde Model Yaklaşımı. İçme Suyu Sempozyumu İSKİ p: 181-209 İSTANBUL.

Pathak, P., Laryea, K.B., and Sudi, R., 1989. Runoff Model for Small Watershed in teh Semi-Arid Tropics. Transactions of the ASAE, v.32, n. 5, p. 1619-1624.

Richards, L. A., 1954. Diagnosis and Improvements Salina and Alkali Soils. U.S. Dept. Agr. Handbook 60.

Ritchie, J.T., 1972. A Model for Predicting Evaporation from a Row Crop with Incomplete Cover. Water Resources Research, 8 (5): 1204-1213.

Savabi, M.R., Arnold, J. G., Richardson, C.W., and Krishna, J.H., 1989. Modelling the Effect of Brush Control on Rangeland Water Yield. Water Resources Bulletin, v.25, n.4 , p.855-865

Shashi, K.V., Haefner, H., and Seidel, K., 1991. Satellite Snow Cover Mapping and Snowmelt Runoff Modelling in Baes Basin. Snow, Hydrology and Forest in High Alpine Areas IAHS Publication International Association of Hydrological Sciences no. 205, p. 101-109, Wallingford, ENGLAND.

Smith, R.E., Williams, J.R., 1980. Simulation of the Surface Water Hydrology. In: CREAMS: A Field-Scale Model for Chemical, Runoff, and Erosion from Agricultural Managment Systems, W.G. Knisel (Editor). Conservation Research Report No. 29. USDA, Washington D. C. pp.13-35.

Soil Conservation Service, 1972. National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology. USDA-SCS, Washington D.C.

Soykan, İ., 1967 Hidroloji (Kısım I-II). Tarsus

Soykan, İ., 1977. Havza Su Veriminin Tahmininde Bazı Yaklaşımlar ve Öneriler. Topraksu Teknik Dergisi, sayı 44, s. 32-43, Köyişleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, ANKARA.

Soykan, İ., 1982. Turc ve Coutange Formüllerinin Türkiye Akarsu Havzalarında Uygulanması İmkanları, Topraksu Teknik Dergisi, sayı 60, s. 41-46 Köyişleri ve Kooperatifler Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, ANKARA.

Tekeli, İ. 2001 Toprak ve Su kaynakları Sempozyumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri ATATÜRK Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Sempozyum Bildiriler Kitabı. Sayfa No: 12-19 KIRKLARELİ.

TOPRAKSU, 1980. Marmara Havzası Toprakları. T.C. Köyişleri ve Kooperatifler Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları No: 309, Raporlar Serisi No: 91, ANKARA.

Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su Analizi Laboratuvar El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları ANKARA

Van Mullem, J.A.,1991. Runoff and Peak Discharges Using Green-Ampt Infiltration Model. Journal of Hydraulic Engineering, v.117, n. 3, p. 354-389.

Williams, J.R., Arnold, J.G., J.H.Krishna and C.W.Richardson, 1985. Predicting Water and Sediment Yield From Agricultural and Grassland Watersheds, Modeling Agricultural, Forest and Rangeland Hydrology, ASAE paper, p.324-329.

Wilcox, BP., Rawls, WJ., Brakensiek, DL., Wight, JR. 1990. Predicting Runoff from Rangeland Catchments. Water Resources Research. 26:10, 2401-2410 USA.

Wilcox, BP., Seyfried, MS., Cooley, KR., Hanson, CL. 1991. Runoff Characteristics of Sagebrush Rangelands: Modeling Implications. Journal of Soil and Water Conservation 46:2, 153-158 USA.

Yüksel, A:N., 1993. Kùltürteknik. Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fak. Yayınları No:182, 189 s, TEKİRDAĞ

EKLER**EK 1: SWMHMS Modeli Kumdere Havzası Girdi Dosyası****KUMDERE WATERSHED MERKEZ-EDİRNE**

1 1 1985 12 31 2001 1 1 1985 1 1 1986 12 31 2001

1087.26 80.150 6.600 14.850 0.250 0.250 0.800 6.60 1.0
 36.7 30.0 42.8 57.2 67.5 70.3 74.3 76.1 66.9 53.2 50.2 43.9
 42.3 37.4 43.7 59.4 64.0 72.3 75.0 77.4 69.1 55.6 42.8 35.2
 33.8 41.5 37.6 51.4 62.1 72.7 78.3 72.1 69.8 54.0 50.7 37.6
 40.3 40.5 46.6 52.7 63.3 71.6 79.9 76.8 67.8 54.3 38.7 38.3
 35.1 42.8 50.0 60.4 61.3 68.7 73.9 75.4 66.9 55.0 44.6 37.6
 33.1 43.2 50.9 56.1 62.8 71.4 76.6 74.5 65.5 56.8 52.9 43.3
 35.6 38.3 44.4 52.5 60.6 72.7 76.1 74.1 67.6 57.6 48.4 33.3
 35.8 37.2 45.7 54.9 60.8 70.5 73.0 78.3 65.8 61.9 48.6 36.0
 34.2 34.2 43.5 54.1 63.0 71.1 74.5 75.6 67.5 60.8 41.9 43.5
 41.7 39.9 48.2 58.3 66.4 72.0 77.0 78.4 75.2 59.7 44.4 39.2
 36.5 45.9 46.6 54.1 63.9 75.2 75.9 74.1 67.3 54.9 42.3 41.2
 34.2 35.8 38.3 52.7 69.1 73.9 77.5 74.8 64.6 55.8 50.2 42.8
 37.8 39.7 43.0 48.6 66.2 73.6 75.9 70.9 63.1 53.6 48.7 39.2
 39.2 42.8 41.4 58.3 63.9 73.8 77.2 78.1 66.0 58.6 45.7 33.1
 38.1 38.5 47.5 57.6 64.9 74.3 78.1 76.8 69.1 59.9 47.7 44.1
 32.7 42.1 45.5 59.9 65.1 72.9 80.2 77.4 67.5 56.7 52.9 43.7
 41.7 43.7 53.6 55.4 64.9 72.7 81.1 79.7 70.2 60.4 46.8 29.5
 0.78 0.91 0.92 1.09 1.21 1.20 1.01 0.39 0.29 0.20 0.41 0.64
 7.75 10.08 11.47 14.40 16.74 19.50 22.63 22.63 19.20 13.33 9.60 6.82

1221

01/01/1985 0.03
 01/02/1985 0.30
 01/05/1985 0.01

.....
 12/15/2001 0.20
 12/16/2001 0.13
 12/24/2001 1.44
 12/25/2001 0.22

Y

204

M

01.1985 0.003
 02.1985 0.403
 03.1985 0.100
 04.1985 0.000

.....
 10.2001 0.000
 11.2001 0.000
 12.2001 0.000

Y

50.0 100.0
 0.0 10.0
 0.0 15.0
 0.0 1.0
 0.0 1.0
 0.0 1.0

SQR

SIM

EK 2: Havzadan Elde Edilen Sonuçlara Göre Simülasyon (K1.DAT)

MODEL SIMULATION RUN

KUMDERE WATERSHED MERKEZ-EDİRNE

WATERSHED AREA = 1087.26 ACRES

WATERSHED PARAMETER VALUES

SCS CURVE NUMBER = 80.15
 AVAILABLE SOIL WATER CAPACITY = 6.60 INCHES
 SPECIFIC YIELD CAPACITY = 14.85 INCHES
 BASEFLOW SEEPAGE CONSTANT = .25
 SOIL ZONE PERCOLATION CONSTANT = .25
 INITIAL RAINFALL ABSTRACTION CONSTANT = .80

INITIAL WATERSHED CHARACTERISTIC VALUES

RAINFALL ABSTRACTION - S = 5.36 INCHES
 AVAILABLE SOIL WATER = 1.74 INCHES
 AVAILABLE WATER PERCENTAGE = 26.33
 INTERFLOW-GROUNDWATER STORAGE = .00 INCHES

MONTHLY WATERSHED DATA USED IN EVAPOTRANSPIRATION (ET) CALCULATIONS

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
1	1986	.780	7.750	42.300	2.557
2	1986	.910	10.080	37.400	3.431
3	1986	.920	11.470	43.700	4.611
4	1986	1.090	14.400	59.400	9.323
5	1986	1.210	16.740	64.000	12.963
6	1986	1.200	19.500	72.300	16.918
7	1986	1.010	22.630	75.000	17.142
8	1986	.390	22.630	77.400	6.831
9	1986	.290	19.200	69.100	3.847
10	1986	.200	13.330	55.600	1.482
11	1986	.410	9.600	42.800	1.685
12	1986	.640	6.820	35.200	1.536
1	1987	.780	7.750	33.800	2.043
2	1987	.910	10.080	41.500	3.807
3	1987	.920	11.470	37.600	3.968
4	1987	1.090	14.400	51.400	8.068
5	1987	1.210	16.740	62.100	12.579
6	1987	1.200	19.500	72.700	17.012
7	1987	1.010	22.630	78.300	17.896
8	1987	.390	22.630	72.100	6.363
9	1987	.290	19.200	69.800	3.886
10	1987	.200	13.330	54.000	1.440
11	1987	.410	9.600	50.700	1.996
12	1987	.640	6.820	37.600	1.641
1	1988	.780	7.750	40.300	2.436
2	1988	.910	10.080	40.500	3.715
3	1988	.920	11.470	46.600	4.917

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
4	1988	1.090	14.400	52.700	8.272
5	1988	1.210	16.740	63.300	12.822
6	1988	1.200	19.500	71.600	16.754
7	1988	1.010	22.630	79.900	18.262
8	1988	.390	22.630	76.800	6.778
9	1988	.290	19.200	67.800	3.775
10	1988	.200	13.330	54.300	1.448
11	1988	.410	9.600	38.700	1.523
12	1988	.640	6.820	38.300	1.672
1	1989	.780	7.750	35.100	2.122
2	1989	.910	10.080	42.800	3.926
3	1989	.920	11.470	50.000	5.276
4	1989	1.090	14.400	60.400	9.480
5	1989	1.210	16.740	61.300	12.417
6	1989	1.200	19.500	68.700	16.076
7	1989	1.010	22.630	73.900	16.891
8	1989	.390	22.630	75.400	6.655
9	1989	.290	19.200	66.900	3.725
10	1989	.200	13.330	55.000	1.466
11	1989	.410	9.600	44.600	1.755
12	1989	.640	6.820	37.600	1.641
1	1990	.780	7.750	33.100	2.001
2	1990	.910	10.080	43.200	3.963
3	1990	.920	11.470	50.900	5.371
4	1990	1.090	14.400	56.100	8.805
5	1990	1.210	16.740	62.800	12.720
6	1990	1.200	19.500	71.400	16.708
7	1990	1.010	22.630	76.600	17.508
8	1990	.390	22.630	74.500	6.575
9	1990	.290	19.200	65.500	3.647
10	1990	.200	13.330	56.800	1.514
11	1990	.410	9.600	52.900	2.082
12	1990	.640	6.820	43.300	1.890
1	1991	.780	7.750	35.600	2.152
2	1991	.910	10.080	38.300	3.513
3	1991	.920	11.470	44.400	4.685
4	1991	1.090	14.400	52.500	8.240
5	1991	1.210	16.740	60.600	12.275
6	1991	1.200	19.500	72.700	17.012
7	1991	1.010	22.630	76.100	17.394
8	1991	.390	22.630	74.100	6.540
9	1991	.290	19.200	67.600	3.764
10	1991	.200	13.330	57.600	1.536
11	1991	.410	9.600	48.400	1.905
12	1991	.640	6.820	33.300	1.453
1	1992	.780	7.750	35.800	2.164
2	1992	.910	10.080	37.200	3.412
3	1992	.920	11.470	45.700	4.822
4	1992	1.090	14.400	54.900	8.617
5	1992	1.210	16.740	60.800	12.315
6	1992	1.200	19.500	70.500	16.497
7	1992	1.010	22.630	73.000	16.685
8	1992	.390	22.630	78.300	6.911
9	1992	.290	19.200	65.800	3.664

MONTH	YEAR	CROP	COEF	% DAY	HRS	MON TEMP F	MON PET IN
10	1992		.200		13.330	61.900	1.650
11	1992		.410		9.600	48.600	1.913
12	1992		.640		6.820	36.000	1.571
1	1993		.780		7.750	34.200	2.067
2	1993		.910		10.080	34.200	3.137
3	1993		.920		11.470	43.500	4.590
4	1993		1.090		14.400	54.100	8.492
5	1993		1.210		16.740	63.000	12.761
6	1993		1.200		19.500	71.100	16.637
7	1993		1.010		22.630	74.500	17.028
8	1993		.390		22.630	75.600	6.672
9	1993		.290		19.200	67.500	3.758
10	1993		.200		13.330	60.800	1.621
11	1993		.410		9.600	41.900	1.649
12	1993		.640		6.820	43.500	1.899
1	1994		.780		7.750	41.700	2.521
2	1994		.910		10.080	39.900	3.660
3	1994		.920		11.470	48.200	5.086
4	1994		1.090		14.400	58.300	9.151
5	1994		1.210		16.740	66.400	13.450
6	1994		1.200		19.500	72.000	16.848
7	1994		1.010		22.630	77.000	17.599
8	1994		.390		22.630	78.400	6.919
9	1994		.290		19.200	75.200	4.187
10	1994		.200		13.330	59.700	1.592
11	1994		.410		9.600	44.400	1.748
12	1994		.640		6.820	39.200	1.711
1	1995		.780		7.750	36.500	2.206
2	1995		.910		10.080	45.900	4.210
3	1995		.920		11.470	46.600	4.917
4	1995		1.090		14.400	54.100	8.492
5	1995		1.210		16.740	63.900	12.943
6	1995		1.200		19.500	75.200	17.597
7	1995		1.010		22.630	75.900	17.348
8	1995		.390		22.630	74.100	6.540
9	1995		.290		19.200	67.300	3.747
10	1995		.200		13.330	54.900	1.464
11	1995		.410		9.600	42.300	1.665
12	1995		.640		6.820	41.200	1.798
1	1996		.780		7.750	34.200	2.067
2	1996		.910		10.080	35.800	3.284
3	1996		.920		11.470	38.300	4.042
4	1996		1.090		14.400	52.700	8.272
5	1996		1.210		16.740	69.100	13.996
6	1996		1.200		19.500	73.900	17.293
7	1996		1.010		22.630	77.500	17.714
8	1996		.390		22.630	74.800	6.602
9	1996		.290		19.200	64.600	3.597
10	1996		.200		13.330	55.800	1.488
11	1996		.410		9.600	50.200	1.976
12	1996		.640		6.820	42.800	1.868
1	1997		.780		7.750	37.800	2.285
2	1997		.910		10.080	39.700	3.642
3	1997		.920		11.470	43.000	4.538

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
4	1997	1.090	14.400	48.600	7.628
5	1997	1.210	16.740	66.200	13.409
6	1997	1.200	19.500	73.600	17.222
7	1997	1.010	22.630	75.900	17.348
8	1997	.390	22.630	70.900	6.257
9	1997	.290	19.200	63.100	3.513
10	1997	.200	13.330	53.600	1.429
11	1997	.410	9.600	48.700	1.917
12	1997	.640	6.820	39.200	1.711
1	1998	.780	7.750	39.200	2.370
2	1998	.910	10.080	42.800	3.926
3	1998	.920	11.470	41.400	4.369
4	1998	1.090	14.400	58.300	9.151
5	1998	1.210	16.740	63.900	12.943
6	1998	1.200	19.500	73.800	17.269
7	1998	1.010	22.630	77.200	17.645
8	1998	.390	22.630	78.100	6.893
9	1998	.290	19.200	66.000	3.675
10	1998	.200	13.330	58.600	1.562
11	1998	.410	9.600	45.700	1.799
12	1998	.640	6.820	33.100	1.445
1	1999	.780	7.750	38.100	2.303
2	1999	.910	10.080	38.500	3.532
3	1999	.920	11.470	47.500	5.012
4	1999	1.090	14.400	57.600	9.041
5	1999	1.210	16.740	64.900	13.146
6	1999	1.200	19.500	74.300	17.386
7	1999	1.010	22.630	78.100	17.851
8	1999	.390	22.630	76.800	6.778
9	1999	.290	19.200	69.100	3.847
10	1999	.200	13.330	59.900	1.597
11	1999	.410	9.600	47.700	1.877
12	1999	.640	6.820	44.100	1.925
1	2000	.780	7.750	32.700	1.977
2	2000	.910	10.080	42.100	3.862
3	2000	.920	11.470	45.500	4.801
4	2000	1.090	14.400	59.900	9.402
5	2000	1.210	16.740	65.100	13.186
6	2000	1.200	19.500	72.900	17.059
7	2000	1.010	22.630	80.200	18.331
8	2000	.390	22.630	77.400	6.831
9	2000	.290	19.200	67.500	3.758
10	2000	.200	13.330	56.700	1.512
11	2000	.410	9.600	52.900	2.082
12	2000	.640	6.820	43.700	1.907
1	2001	.780	7.750	41.700	2.521
2	2001	.910	10.080	43.700	4.009
3	2001	.920	11.470	53.600	5.656
4	2001	1.090	14.400	55.400	8.696
5	2001	1.210	16.740	64.900	13.146
6	2001	1.200	19.500	72.700	17.012
7	2001	1.010	22.630	81.100	18.536
8	2001	.390	22.630	79.700	7.034
9	2001	.290	19.200	70.200	3.909
10	2001	.200	13.330	60.400	1.610

11 2001 .410 9.600 46.800 1.842
 12 2001 .640 6.820 29.500 1.288
 MONTHLY WATERSHED CALCULATIONS
 -VALUES ARE IN INCHES-

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
1	1986	3.540	.000	.019	1.657	2.832	.000	.708
2	1986	4.520	.097	.201	2.515	3.714	.000	.709
3	1986	2.080	.199	.236	3.868	1.681	.000	.200
4	1986	1.470	.000	.000	2.358	1.176	.000	.294
5	1986	.180	.000	.000	.893	.144	.000	.036
6	1986	.490	.000	.000	.421	.392	.000	.098
7	1986	.370	.000	.000	.323	.296	.000	.074
8	1986	.230	.000	.000	.184	.184	.000	.046
9	1986	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
10	1986	3.240	.045	.000	.396	2.654	.000	.541
11	1986	.730	.000	.000	1.200	.584	.000	.146
12	1986	1.380	.000	.000	.887	1.104	.000	.276
1	1987	3.020	.000	.000	1.275	2.416	.000	.604
2	1987	1.470	.000	.000	2.714	1.176	.000	.294
3	1987	2.270	.001	.000	2.372	1.827	.000	.442
4	1987	4.230	.027	.000	3.866	3.439	.000	.764
5	1987	1.150	.000	.000	1.363	.920	.000	.230
6	1987	1.720	.000	.000	1.471	1.376	.000	.344
7	1987	.470	.000	.000	.386	.376	.000	.094
8	1987	.760	.000	.000	.608	.608	.000	.152
9	1987	1.710	.022	.000	.226	1.420	.000	.268
10	1987	1.220	.000	.000	.940	.976	.000	.244
11	1987	6.400	.247	.000	1.160	5.277	.000	.876
12	1987	3.960	1.238	.140	1.365	3.247	1.042	.516
1	1988	1.010	.021	.000	2.175	.808	.021	.202
2	1988	2.600	.009	.000	2.997	2.113	.000	.478
3	1988	5.740	.001	.048	3.496	4.613	.000	1.126
4	1988	1.560	.000	.000	6.016	1.248	.000	.312
5	1988	.830	.000	.000	.936	.664	.000	.166
6	1988	1.510	.000	.000	1.196	1.208	.000	.302
7	1988	.220	.000	.000	.239	.176	.000	.044
8	1988	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
9	1988	1.260	.000	.000	1.005	1.008	.000	.252
10	1988	1.230	.000	.000	.440	.984	.000	.246
11	1988	5.190	.016	.014	.758	4.195	.000	.979
12	1988	3.040	.000	.041	1.251	2.432	.000	.608
1	1989	.000	.000	.000	1.915	.000	.000	.000
2	1989	.310	.000	.000	2.733	.248	.000	.062
3	1989	5.150	.124	.198	3.332	4.172	.000	.853
4	1989	1.200	.000	.000	2.552	.960	.000	.240
5	1989	2.220	.000	.000	1.796	1.776	.000	.444
6	1989	3.400	.000	.000	2.756	2.720	.000	.680
7	1989	.860	.000	.000	.699	.688	.000	.172
8	1989	3.550	.454	.215	2.423	2.759	.000	.337
9	1989	.900	.000	.000	.694	.720	.000	.180
10	1989	2.540	.000	.000	.763	2.032	.000	.508
11	1989	2.630	.000	.000	1.121	2.104	.000	.526
12	1989	3.060	.000	.014	1.153	2.452	.000	.608

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
1	1990	.050	.000	.000	1.666	.040	.000	.010
2	1990	.440	.000	.000	2.347	.352	.000	.088
3	1990	.340	.000	.000	.564	.272	.000	.068
4	1990	3.240	.001	.000	2.246	2.607	.000	.632
5	1990	3.670	.001	.052	2.475	2.950	.000	.719
6	1990	.980	.000	.000	1.664	.784	.000	.196
7	1990	.770	.000	.000	.654	.616	.000	.154
8	1990	.130	.000	.000	.104	.104	.000	.026
9	1990	2.900	.000	.000	.886	2.320	.000	.580
10	1990	4.330	.021	.149	.918	3.512	.000	.796
11	1990	2.170	.007	.169	1.690	1.766	.000	.397
12	1990	4.800	.615	.350	1.278	3.867	.609	.927
1	1991	.350	.014	.000	1.985	.280	.014	.070
2	1991	1.560	.000	.006	2.810	1.248	.000	.312
3	1991	1.030	.000	.000	2.939	.824	.000	.206
4	1991	1.690	.000	.000	1.808	1.352	.000	.338
5	1991	2.930	.001	.000	2.447	2.359	.000	.570
6	1991	.270	.000	.000	.386	.216	.000	.054
7	1991	.810	.000	.000	.666	.648	.000	.162
8	1991	.550	.000	.000	.440	.440	.000	.110
9	1991	.640	.000	.067	.502	.512	.000	.128
10	1991	3.290	.009	.017	.835	2.669	.000	.611
11	1991	3.270	.001	.030	1.282	2.638	.000	.631
12	1991	1.020	.000	.000	1.100	.816	.000	.204
1	1992	.080	.000	.000	1.619	.064	.000	.016
2	1992	1.140	.000	.000	1.812	.912	.000	.228
3	1992	1.780	.000	.000	.978	1.424	.000	.356
4	1992	1.710	.000	.000	2.275	1.368	.000	.342
5	1992	2.050	.000	.000	1.644	1.640	.000	.410
6	1992	3.100	.000	.000	2.516	2.480	.000	.620
7	1992	.690	.000	.000	.596	.552	.000	.138
8	1992	.230	.000	.000	.183	.184	.000	.046
9	1992	.190	.000	.000	.105	.152	.000	.038
10	1992	2.600	.000	.000	.559	2.080	.000	.520
11	1992	3.910	.101	.027	1.229	3.185	.000	.624
12	1992	.740	.000	.000	1.242	.592	.000	.148
1	1993	.150	.000	.000	1.534	.120	.000	.030
2	1993	1.080	.000	.000	1.543	.864	.000	.216
3	1993	1.350	.000	.000	1.514	1.080	.000	.270
4	1993	.550	.000	.000	.788	.440	.000	.110
5	1993	4.320	.000	.065	3.437	3.456	.000	.864
6	1993	.770	.000	.000	.667	.616	.000	.154
7	1993	.050	.000	.000	.061	.040	.000	.010
8	1993	1.610	.000	.000	.375	1.288	.000	.322
9	1993	.140	.000	.000	1.025	.112	.000	.028
10	1993	1.950	.000	.000	.820	1.560	.000	.390
11	1993	3.450	.000	.000	.759	2.760	.000	.690
12	1993	2.020	.000	.000	1.396	1.616	.000	.404
1	1994	.740	.000	.000	1.842	.592	.000	.148
2	1994	.600	.000	.000	1.905	.480	.000	.120
3	1994	1.260	.000	.000	.703	1.008	.000	.252
4	1994	2.480	.000	.000	2.522	1.984	.000	.496
5	1994	.650	.000	.000	.586	.520	.000	.130
6	1994	4.120	.132	.034	3.381	3.353	.000	.635

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
7	1994	2.200	.020	.014	1.845	1.810	.000	.370
8	1994	.430	.000	.000	.344	.344	.000	.086
9	1994	.020	.000	.000	.016	.016	.000	.004
10	1994	4.400	.054	.000	.807	3.581	.000	.765
11	1994	2.320	.028	.000	1.322	1.906	.000	.387
12	1994	4.530	.222	.299	1.146	3.628	.000	.679
1	1995	5.320	2.311	.756	1.626	4.317	2.196	.888
2	1995	1.340	.003	.002	3.712	1.072	.003	.268
3	1995	3.320	.077	.058	3.537	2.716	.000	.527
4	1995	3.240	.000	.016	4.992	2.592	.000	.648
5	1995	.770	.000	.000	1.100	.616	.000	.154
6	1995	1.130	.000	.000	.952	.904	.000	.226
7	1995	2.250	.000	.000	1.824	1.800	.000	.450
8	1995	4.070	.081	.000	2.885	3.368	.000	.620
9	1995	1.380	.000	.000	.890	1.104	.000	.276
10	1995	.970	.000	.000	.660	.776	.000	.194
11	1995	4.720	.050	.059	1.063	3.878	.000	.793
12	1995	2.070	.000	.004	1.366	1.656	.000	.414
1	1996	1.160	.000	.031	1.633	.928	.000	.232
2	1996	5.030	.704	1.224	2.380	3.782	.000	.544
3	1996	3.130	.000	.299	3.016	2.504	.000	.626
4	1996	2.400	.007	.067	5.729	1.953	.000	.441
5	1996	.250	.000	.000	.530	.200	.000	.050
6	1996	.070	.000	.000	.097	.056	.000	.014
7	1996	.040	.000	.000	.049	.032	.000	.008
8	1996	2.120	.000	.000	1.686	1.696	.000	.424
9	1996	3.100	.000	.000	1.417	2.480	.000	.620
10	1996	.420	.000	.000	.758	.336	.000	.084
11	1996	4.100	.018	.000	.707	3.327	.000	.754
12	1996	3.330	.124	.091	1.366	2.709	.000	.497
1	1997	.910	.000	.002	1.923	.728	.000	.182
2	1997	.800	.000	.000	2.672	.640	.000	.160
3	1997	2.310	.000	.000	2.185	1.848	.000	.462
4	1997	3.040	.000	.004	3.042	2.432	.000	.608
5	1997	1.630	.000	.000	1.746	1.304	.000	.326
6	1997	.510	.000	.000	.459	.408	.000	.102
7	1997	3.060	.046	.001	2.557	2.510	.000	.503
8	1997	1.890	.000	.000	1.412	1.512	.000	.378
9	1997	.020	.000	.000	.116	.016	.000	.004
10	1997	3.010	.000	.000	.611	2.413	.000	.597
11	1997	3.030	.004	.000	1.229	2.449	.000	.577
12	1997	4.250	.000	.129	1.082	3.400	.000	.850
1	1998	1.850	.000	.092	1.976	1.480	.000	.370
2	1998	3.690	.489	.781	3.325	3.023	.375	.552
3	1998	3.110	.001	.079	3.404	2.496	.001	.614
4	1998	1.170	.000	.000	4.178	.936	.000	.234
5	1998	6.620	.148	.103	5.152	5.349	.000	1.123
6	1998	1.900	.005	.000	1.829	1.550	.000	.345
7	1998	.920	.000	.000	.775	.736	.000	.184
8	1998	.160	.000	.000	.052	.128	.000	.032
9	1998	4.990	.283	.000	.853	3.988	.000	.718
10	1998	5.080	.126	.109	1.130	4.169	.000	.785
11	1998	5.080	2.118	.985	1.245	4.111	2.060	.910
12	1998	3.720	2.818	1.408	1.240	2.947	2.497	.451

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
1	1999	2.390	.006	.207	1.953	1.912	.006	.478
2	1999	3.660	.743	1.101	2.869	2.963	.729	.683
3	1999	3.120	.003	.144	4.033	2.496	.003	.624
4	1999	1.300	.000	.000	5.085	1.040	.000	.260
5	1999	2.790	.000	.000	2.242	2.232	.000	.558
6	1999	3.640	.000	.418	1.851	2.912	.000	.728
7	1999	2.400	.000	.175	2.922	1.920	.000	.480
8	1999	3.150	.020	.574	2.487	2.590	.000	.540
9	1999	.370	.000	.000	.537	.296	.000	.074
10	1999	.290	.000	.000	.159	.232	.000	.058
11	1999	1.760	.000	.000	.494	1.408	.000	.352
12	1999	2.550	.000	.001	.942	2.040	.000	.510
1	2000	.410	.000	.000	1.300	.328	.000	.082
2	2000	1.200	.000	.000	1.817	.960	.000	.240
3	2000	1.700	.000	.000	1.600	1.360	.000	.340
4	2000	2.830	.000	.000	1.698	2.264	.000	.566
5	2000	.810	.000	.000	1.233	.648	.000	.162
6	2000	.940	.000	.000	.794	.752	.000	.188
7	2000	.070	.000	.000	.079	.056	.000	.014
8	2000	.810	.000	.000	.629	.648	.000	.162
9	2000	2.270	.064	.001	.932	1.881	.000	.325
10	2000	1.520	.000	.000	.925	1.216	.000	.304
11	2000	2.020	.031	.000	1.111	1.672	.000	.317
12	2000	1.470	.000	.000	1.128	1.176	.000	.294
1	2001	2.040	.000	.000	1.656	1.632	.000	.408
2	2001	.870	.000	.000	2.158	.696	.000	.174
3	2001	1.020	.000	.000	1.200	.816	.000	.204
4	2001	2.070	.000	.000	1.656	1.656	.000	.414
5	2001	1.450	.000	.000	1.169	1.160	.000	.290
6	2001	.680	.000	.000	.620	.544	.000	.136
7	2001	2.670	.028	.000	2.215	2.192	.000	.450
8	2001	.140	.000	.000	.082	.112	.000	.028
9	2001	2.850	.100	.000	1.032	2.343	.000	.407
10	2001	.410	.000	.000	.940	.328	.000	.082
11	2001	2.150	.000	.000	.782	1.720	.000	.430
12	2001	2.440	.023	.000	.812	2.002	.000	.415

OBJVAL = 8.484 SQUARE INCHES

MASSBAL = -.072 INCHES

SIMULATION STATISTICS

MEAN OBSERVED MONTHLY RAINFALL = 1.97 INCHES
 STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL = 1.50 INCHES
 SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL = .72
 MEAN OBSERVED MONTHLY RUNOFF = .06 INCHES
 STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF = .20 INCHES
 SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF = 4.73
 MEAN PREDICTED MONTHLY RUNOFF = .07 INCHES
 STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF = .33 INCHES
 SKEWNESS COEFFICIENT OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF = 6.38
 PREDICTED/OBSERVED RUNOFF CORRELATION COEFFICIENT = .79
 PREDICTED RUNOFF = $1.31 \times \text{OBSERVED RUNOFF} + (.00)$
 STD. ERROR OF PREDICTED/OBSERVED RUNOFF REGRESSION LINE = .20 INCHES
 MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL ET = 1.54 INCHES
 STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL ET = 1.14 INCHES
 MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL INFILTRATION = 1.59 INCHES
 STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL INFILTRATION = 1.21 INCHES
 MEAN PREDICTED MONTHLY BASEFLOW = .05 INCHES
 STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY BASEFLOW = .30 INCHES
 MEAN PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = .36 INCHES
 STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = .26 INCHES
 STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = .26 INCH

EK 3: Optimizasyon Sonuçları SQR ile Kumdere Havzası Simülasyon Sonuçları

MODEL SIMULATION RUN

KUMDERE WATERSHED MERKEZ-EDİRNE

WATERSHED AREA = 1087.26 ACRES

WATERSHED PARAMETER VALUES

SCS CURVE NUMBER = 79.00
 AVAILABLE SOIL WATER CAPACITY = 10.60 İNCH
 SPECIFIC YIELD CAPACITY = .45 İNCH
 BASEFLOW SEEPAGE CONSTANT = .09
 SOIL ZONE PERCOLATION CONSTANT = .03
 INITIAL RAINFALL ABSTRACTION CONSTANT = .78

INITIAL WATERSHED CHARACTERISTIC VALUES

RAINFALL ABSTRACTION - S = 5.13 İNCH
 AVAILABLE SOIL WATER = 1.98 İNCH
 AVAILABLE WATER PERCENTAGE = 18.67
 INTERFLOW-GROUNDWATER STORAGE = .00 İNCH

MONTHLY WATERSHED DATA USED IN EVAPOTRANSPIRATION (ET) CALCULATIONS

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
1	1986	.780	7.750	42.300	2.557
2	1986	.910	10.080	37.400	3.431
3	1986	.920	11.470	43.700	4.611
4	1986	1.090	14.400	59.400	9.323
5	1986	1.210	16.740	64.000	12.963
6	1986	1.200	19.500	72.300	16.918
7	1986	1.010	22.630	75.000	17.142
8	1986	.390	22.630	77.400	6.831
9	1986	.290	19.200	69.100	3.847
10	1986	.200	13.330	55.600	1.482
11	1986	.410	9.600	42.800	1.685
12	1986	.640	6.820	35.200	1.536
1	1987	.780	7.750	33.800	2.043
2	1987	.910	10.080	41.500	3.807
3	1987	.920	11.470	37.600	3.968
4	1987	1.090	14.400	51.400	8.068
5	1987	1.210	16.740	62.100	12.579
6	1987	1.200	19.500	72.700	17.012
7	1987	1.010	22.630	78.300	17.896
8	1987	.390	22.630	72.100	6.363
9	1987	.290	19.200	69.800	3.886
10	1987	.200	13.330	54.000	1.440
11	1987	.410	9.600	50.700	1.996
12	1987	.640	6.820	37.600	1.641
1	1988	.780	7.750	40.300	2.436
2	1988	.910	10.080	40.500	3.715
3	1988	.920	11.470	46.600	4.917

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
4	1988	1.090	14.400	52.700	8.272
5	1988	1.210	16.740	63.300	12.822
6	1988	1.200	19.500	71.600	16.754
7	1988	1.010	22.630	79.900	18.262
8	1988	.390	22.630	76.800	6.778
9	1988	.290	19.200	67.800	3.775
10	1988	.200	13.330	54.300	1.448
11	1988	.410	9.600	38.700	1.523
12	1988	.640	6.820	38.300	1.672
1	1989	.780	7.750	35.100	2.122
2	1989	.910	10.080	42.800	3.926
3	1989	.920	11.470	50.000	5.276
4	1989	1.090	14.400	60.400	9.480
5	1989	1.210	16.740	61.300	12.417
6	1989	1.200	19.500	68.700	16.076
7	1989	1.010	22.630	73.900	16.891
8	1989	.390	22.630	75.400	6.655
9	1989	.290	19.200	66.900	3.725
10	1989	.200	13.330	55.000	1.466
11	1989	.410	9.600	44.600	1.755
12	1989	.640	6.820	37.600	1.641
1	1990	.780	7.750	33.100	2.001
2	1990	.910	10.080	43.200	3.963
3	1990	.920	11.470	50.900	5.371
4	1990	1.090	14.400	56.100	8.805
5	1990	1.210	16.740	62.800	12.720
6	1990	1.200	19.500	71.400	16.708
7	1990	1.010	22.630	76.600	17.508
8	1990	.390	22.630	74.500	6.575
9	1990	.290	19.200	65.500	3.647
10	1990	.200	13.330	56.800	1.514
11	1990	.410	9.600	52.900	2.082
12	1990	.640	6.820	43.300	1.890
1	1991	.780	7.750	35.600	2.152
2	1991	.910	10.080	38.300	3.513
3	1991	.920	11.470	44.400	4.685
4	1991	1.090	14.400	52.500	8.240
5	1991	1.210	16.740	60.600	12.275
6	1991	1.200	19.500	72.700	17.012
7	1991	1.010	22.630	76.100	17.394
8	1991	.390	22.630	74.100	6.540
9	1991	.290	19.200	67.600	3.764
10	1991	.200	13.330	57.600	1.536
11	1991	.410	9.600	48.400	1.905
12	1991	.640	6.820	33.300	1.453
1	1992	.780	7.750	35.800	2.164
2	1992	.910	10.080	37.200	3.412
3	1992	.920	11.470	45.700	4.822
4	1992	1.090	14.400	54.900	8.617
5	1992	1.210	16.740	60.800	12.315
6	1992	1.200	19.500	70.500	16.497
7	1992	1.010	22.630	73.000	16.685
8	1992	.390	22.630	78.300	6.911
9	1992	.290	19.200	65.800	3.664

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
10	1992	.200	13.330	61.900	1.650
11	1992	.410	9.600	48.600	1.913
12	1992	.640	6.820	36.000	1.571
1	1993	.780	7.750	34.200	2.067
2	1993	.910	10.080	34.200	3.137
3	1993	.920	11.470	43.500	4.590
4	1993	1.090	14.400	54.100	8.492
5	1993	1.210	16.740	63.000	12.761
6	1993	1.200	19.500	71.100	16.637
7	1993	1.010	22.630	74.500	17.028
8	1993	.390	22.630	75.600	6.672
9	1993	.290	19.200	67.500	3.758
10	1993	.200	13.330	60.800	1.621
11	1993	.410	9.600	41.900	1.649
12	1993	.640	6.820	43.500	1.899
1	1994	.780	7.750	41.700	2.521
2	1994	.910	10.080	39.900	3.660
3	1994	.920	11.470	48.200	5.086
4	1994	1.090	14.400	58.300	9.151
5	1994	1.210	16.740	66.400	13.450
6	1994	1.200	19.500	72.000	16.848
7	1994	1.010	22.630	77.000	17.599
8	1994	.390	22.630	78.400	6.919
9	1994	.290	19.200	75.200	4.187
10	1994	.200	13.330	59.700	1.592
11	1994	.410	9.600	44.400	1.748
12	1994	.640	6.820	39.200	1.711
1	1995	.780	7.750	36.500	2.206
2	1995	.910	10.080	45.900	4.210
3	1995	.920	11.470	46.600	4.917
4	1995	1.090	14.400	54.100	8.492
5	1995	1.210	16.740	63.900	12.943
6	1995	1.200	19.500	75.200	17.597
7	1995	1.010	22.630	75.900	17.348
8	1995	.390	22.630	74.100	6.540
9	1995	.290	19.200	67.300	3.747
10	1995	.200	13.330	54.900	1.464
11	1995	.410	9.600	42.300	1.665
12	1995	.640	6.820	41.200	1.798
1	1996	.780	7.750	34.200	2.067
2	1996	.910	10.080	35.800	3.284
3	1996	.920	11.470	38.300	4.042
4	1996	1.090	14.400	52.700	8.272
5	1996	1.210	16.740	69.100	13.996
6	1996	1.200	19.500	73.900	17.293
7	1996	1.010	22.630	77.500	17.714
8	1996	.390	22.630	74.800	6.602
9	1996	.290	19.200	64.600	3.597
10	1996	.200	13.330	55.800	1.488
11	1996	.410	9.600	50.200	1.976
12	1996	.640	6.820	42.800	1.868
1	1997	.780	7.750	37.800	2.285
2	1997	.910	10.080	39.700	3.642
3	1997	.920	11.470	43.000	4.538

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
4	1997	1.090	14.400	48.600	7.628
5	1997	1.210	16.740	66.200	13.409
6	1997	1.200	19.500	73.600	17.222
7	1997	1.010	22.630	75.900	17.348
8	1997	.390	22.630	70.900	6.257
9	1997	.290	19.200	63.100	3.513
10	1997	.200	13.330	53.600	1.429
11	1997	.410	9.600	48.700	1.917
12	1997	.640	6.820	39.200	1.711
1	1998	.780	7.750	39.200	2.370
2	1998	.910	10.080	42.800	3.926
3	1998	.920	11.470	41.400	4.369
4	1998	1.090	14.400	58.300	9.151
5	1998	1.210	16.740	63.900	12.943
6	1998	1.200	19.500	73.800	17.269
7	1998	1.010	22.630	77.200	17.645
8	1998	.390	22.630	78.100	6.893
9	1998	.290	19.200	66.000	3.675
10	1998	.200	13.330	58.600	1.562
11	1998	.410	9.600	45.700	1.799
12	1998	.640	6.820	33.100	1.445
1	1999	.780	7.750	38.100	2.303
2	1999	.910	10.080	38.500	3.532
3	1999	.920	11.470	47.500	5.012
4	1999	1.090	14.400	57.600	9.041
5	1999	1.210	16.740	64.900	13.146
6	1999	1.200	19.500	74.300	17.386
7	1999	1.010	22.630	78.100	17.851
8	1999	.390	22.630	76.800	6.778
9	1999	.290	19.200	69.100	3.847
10	1999	.200	13.330	59.900	1.597
11	1999	.410	9.600	47.700	1.877
12	1999	.640	6.820	44.100	1.925
1	2000	.780	7.750	32.700	1.977
2	2000	.910	10.080	42.100	3.862
3	2000	.920	11.470	45.500	4.801
4	2000	1.090	14.400	59.900	9.402
5	2000	1.210	16.740	65.100	13.186
6	2000	1.200	19.500	72.900	17.059
7	2000	1.010	22.630	80.200	18.331
8	2000	.390	22.630	77.400	6.831
9	2000	.290	19.200	67.500	3.758
10	2000	.200	13.330	56.700	1.512
11	2000	.410	9.600	52.900	2.082
12	2000	.640	6.820	43.700	1.907
1	2001	.780	7.750	41.700	2.521
2	2001	.910	10.080	43.700	4.009
3	2001	.920	11.470	53.600	5.656
4	2001	1.090	14.400	55.400	8.696
5	2001	1.210	16.740	64.900	13.146
6	2001	1.200	19.500	72.700	17.012
7	2001	1.010	22.630	81.100	18.536
8	2001	.390	22.630	79.700	7.034
9	2001	.290	19.200	70.200	3.909
10	2001	.200	13.330	60.400	1.610

11 2001	.410	9.600	46.800	1.842
12 2001	.640	6.820	29.500	1.288

MONTHLY WATERSHED CALCULATIONS

-VALUES ARE IN INCH-

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
1	1986	3.540	.001	.019	1.487	2.774	.000	.765
2	1986	4.520	.174	.201	2.269	3.631	.000	.715
3	1986	2.080	.327	.236	3.572	1.578	.000	.175
4	1986	1.470	.000	.000	3.056	1.147	.000	.323
5	1986	.180	.000	.000	.866	.140	.000	.040
6	1986	.490	.000	.000	.339	.382	.000	.108
7	1986	.370	.000	.000	.336	.289	.000	.081
8	1986	.230	.000	.000	.179	.179	.000	.051
9	1986	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
10	1986	3.240	.031	.000	.337	2.596	.000	.613
11	1986	.730	.000	.000	1.055	.569	.000	.161
12	1986	1.380	.000	.000	.786	1.076	.000	.304
1	1987	3.020	.000	.000	1.134	2.356	.000	.664
2	1987	1.470	.000	.000	2.468	1.147	.000	.323
3	1987	2.270	.002	.000	2.286	1.792	.000	.476
4	1987	4.230	.024	.000	3.942	3.361	.000	.845
5	1987	1.150	.000	.000	1.728	.897	.000	.253
6	1987	1.720	.000	.000	1.401	1.342	.000	.378
7	1987	.470	.000	.000	.368	.367	.000	.103
8	1987	.760	.000	.000	.588	.593	.000	.167
9	1987	1.710	.013	.000	.197	1.385	.000	.312
10	1987	1.220	.000	.000	.816	.952	.000	.268
11	1987	6.400	.324	.000	1.029	5.171	.000	.905
12	1987	3.960	.518	.140	1.251	3.000	.000	.442
1	1988	1.010	.001	.000	2.031	.796	.000	.214
2	1988	2.600	.069	.000	2.837	2.083	.000	.448
3	1988	5.740	.101	.048	3.356	4.623	.000	1.016
4	1988	1.560	.000	.000	6.182	1.217	.000	.343
5	1988	.830	.000	.000	2.171	.647	.000	.183
6	1988	1.510	.000	.000	1.095	1.178	.000	.332
7	1988	.220	.000	.000	.268	.172	.000	.048
8	1988	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
9	1988	1.260	.000	.000	.945	.983	.000	.277
10	1988	1.230	.000	.000	.385	.959	.000	.271
11	1988	5.190	.022	.014	.658	4.102	.000	1.066
12	1988	3.040	.013	.041	1.118	2.404	.000	.623
1	1989	.000	.000	.000	1.730	.000	.000	.000
2	1989	.310	.000	.000	2.571	.242	.000	.068
3	1989	5.150	.152	.198	3.110	4.075	.000	.923
4	1989	1.200	.000	.000	3.158	.936	.000	.264
5	1989	2.220	.000	.000	1.754	1.732	.000	.488
6	1989	3.400	.000	.000	2.657	2.652	.000	.748
7	1989	.860	.000	.000	.672	.671	.000	.189
8	1989	3.550	.402	.215	2.204	2.761	.000	.387
9	1989	.900	.000	.000	.878	.702	.000	.198
10	1989	2.540	.000	.000	.653	1.981	.000	.559
11	1989	2.630	.000	.000	.987	2.051	.000	.579
12	1989	3.060	.002	.014	1.033	2.407	.000	.651

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
1	1990	.050	.000	.000	1.508	.039	.000	.011
2	1990	.440	.000	.000	2.296	.343	.000	.097
3	1990	.340	.000	.000	.990	.265	.000	.075
4	1990	3.240	.000	.000	2.104	2.533	.000	.707
5	1990	3.670	.000	.052	2.440	2.863	.000	.807
6	1990	.980	.000	.000	1.618	.764	.000	.216
7	1990	.770	.000	.000	.603	.601	.000	.169
8	1990	.130	.000	.000	.101	.101	.000	.029
9	1990	2.900	.000	.000	.772	2.262	.000	.638
10	1990	4.330	.027	.149	.803	3.436	.000	.867
11	1990	2.170	.032	.169	1.511	1.741	.000	.397
12	1990	4.800	.071	.350	1.156	3.782	.000	.947
1	1991	.350	.000	.000	1.844	.273	.000	.077
2	1991	1.560	.001	.006	2.658	1.227	.000	.333
3	1991	1.030	.000	.000	3.095	.803	.000	.227
4	1991	1.690	.000	.000	2.708	1.318	.000	.372
5	1991	2.930	.000	.000	2.260	2.292	.000	.637
6	1991	.270	.000	.000	.539	.211	.000	.059
7	1991	.810	.000	.000	.632	.632	.000	.178
8	1991	.550	.000	.000	.428	.429	.000	.121
9	1991	.640	.000	.067	.458	.499	.000	.141
10	1991	3.290	.007	.017	.728	2.605	.000	.678
11	1991	3.270	.008	.030	1.130	2.602	.000	.660
12	1991	1.020	.000	.000	.984	.796	.000	.224
1	1992	.080	.000	.000	1.480	.062	.000	.018
2	1992	1.140	.000	.000	1.777	.889	.000	.251
3	1992	1.780	.000	.000	1.322	1.388	.000	.392
4	1992	1.710	.000	.000	2.294	1.334	.000	.376
5	1992	2.050	.000	.000	1.571	1.599	.000	.451
6	1992	3.100	.000	.000	2.359	2.418	.000	.682
7	1992	.690	.000	.000	.632	.538	.000	.152
8	1992	.230	.000	.000	.169	.179	.000	.051
9	1992	.190	.000	.000	.112	.148	.000	.042
10	1992	2.600	.000	.000	.463	2.028	.000	.572
11	1992	3.910	.109	.027	1.084	3.120	.000	.681
12	1992	.740	.000	.000	1.107	.577	.000	.163
1	1993	.150	.000	.000	1.394	.117	.000	.033
2	1993	1.080	.000	.000	1.538	.842	.000	.238
3	1993	1.350	.000	.000	1.765	1.053	.000	.297
4	1993	.550	.000	.000	.863	.429	.000	.121
5	1993	4.320	.000	.065	3.264	3.370	.000	.950
6	1993	.770	.000	.000	.708	.601	.000	.169
7	1993	.050	.000	.000	.040	.039	.000	.011
8	1993	1.610	.000	.000	.345	1.256	.000	.354
9	1993	.140	.000	.000	1.009	.109	.000	.031
10	1993	1.950	.000	.000	.706	1.521	.000	.429
11	1993	3.450	.000	.000	.663	2.691	.000	.759
12	1993	2.020	.000	.000	1.244	1.583	.000	.436
1	1994	.740	.000	.000	1.662	.577	.000	.163
2	1994	.600	.000	.000	1.919	.468	.000	.132
3	1994	1.260	.000	.000	1.019	.983	.000	.277
4	1994	2.480	.000	.000	2.439	1.934	.000	.546
5	1994	.650	.000	.000	.615	.507	.000	.143
6	1994	4.120	.109	.034	3.305	3.297	.000	.713

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
7	1994	2.200	.012	.014	1.772	1.765	.000	.422
8	1994	.430	.000	.000	.335	.335	.000	.095
9	1994	.020	.000	.000	.016	.016	.000	.004
10	1994	4.400	.051	.000	.697	3.504	.000	.845
11	1994	2.320	.048	.000	1.173	1.869	.000	.403
12	1994	4.530	.357	.299	1.016	3.470	.000	.704
1	1995	5.320	.486	.756	1.550	4.151	.000	.683
2	1995	1.340	.023	.002	3.657	1.080	.000	.237
3	1995	3.320	.170	.058	3.670	2.625	.000	.525
4	1995	3.240	.000	.016	5.725	2.527	.000	.713
5	1995	.770	.000	.000	2.339	.601	.000	.169
6	1995	1.130	.000	.000	.886	.881	.000	.249
7	1995	2.250	.000	.000	1.756	1.755	.000	.495
8	1995	4.070	.060	.000	2.698	3.302	.000	.708
9	1995	1.380	.000	.000	.950	1.076	.000	.304
10	1995	.970	.000	.000	.572	.757	.000	.213
11	1995	4.720	.056	.059	.937	3.801	.000	.863
12	1995	2.070	.002	.004	1.221	1.634	.000	.434
1	1996	1.160	.000	.031	1.468	.905	.000	.255
2	1996	5.030	.814	1.224	2.158	3.640	.000	.576
3	1996	3.130	.004	.299	2.750	2.465	.000	.662
4	1996	2.400	.015	.067	5.606	1.919	.000	.466
5	1996	.250	.000	.000	1.324	.195	.000	.055
6	1996	.070	.000	.000	.065	.055	.000	.015
7	1996	.040	.000	.000	.032	.031	.000	.009
8	1996	2.120	.000	.000	1.559	1.654	.000	.466
9	1996	3.100	.000	.000	1.284	2.418	.000	.682
10	1996	.420	.000	.000	.693	.328	.000	.092
11	1996	4.100	.018	.000	.682	3.252	.000	.830
12	1996	3.330	.187	.091	1.222	2.627	.000	.516
1	1997	.910	.000	.002	1.734	.710	.000	.200
2	1997	.800	.000	.000	2.470	.624	.000	.176
3	1997	2.310	.000	.000	2.254	1.802	.000	.508
4	1997	3.040	.000	.004	3.338	2.371	.000	.669
5	1997	1.630	.000	.000	1.788	1.271	.000	.359
6	1997	.510	.000	.000	.433	.398	.000	.112
7	1997	3.060	.032	.001	2.458	2.457	.000	.572
8	1997	1.890	.000	.000	1.347	1.474	.000	.416
9	1997	.020	.000	.000	.141	.016	.000	.004
10	1997	3.010	.000	.000	.512	2.348	.000	.662
11	1997	3.030	.009	.000	1.077	2.401	.000	.620
12	1997	4.250	.000	.129	.963	3.315	.000	.935
1	1998	1.850	.000	.092	1.777	1.443	.000	.407
2	1998	3.690	.349	.781	3.096	2.898	.000	.443
3	1998	3.110	.025	.079	3.176	2.493	.000	.592
4	1998	1.170	.000	.000	5.008	.913	.000	.257
5	1998	6.620	.120	.103	4.860	5.247	.000	1.253
6	1998	1.900	.001	.000	2.094	1.501	.000	.398
7	1998	.920	.000	.000	.720	.718	.000	.202
8	1998	.160	.000	.000	.037	.125	.000	.035
9	1998	4.990	.282	.000	.740	3.917	.000	.791
10	1998	5.080	.234	.109	1.009	4.063	.000	.783
11	1998	5.080	.329	.985	1.156	4.046	.000	.706
12	1998	3.720	1.727	1.408	1.279	1.842	.000	.152

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
1	1999	2.390	.404	.207	2.024	1.758	.000	.227
2	1999	3.660	.897	1.101	3.185	2.482	.000	.281
3	1999	3.120	.075	.144	4.166	2.506	.000	.539
4	1999	1.300	.000	.000	6.864	1.014	.000	.286
5	1999	2.790	.000	.000	3.467	2.176	.000	.614
6	1999	3.640	.000	.418	1.713	2.839	.000	.801
7	1999	2.400	.000	.175	2.824	1.872	.000	.528
8	1999	3.150	.011	.574	2.335	2.513	.000	.626
9	1999	.370	.000	.000	.645	.289	.000	.081
10	1999	.290	.000	.000	.128	.226	.000	.064
11	1999	1.760	.000	.000	.435	1.373	.000	.387
12	1999	2.550	.000	.001	.816	1.989	.000	.561
1	2000	.410	.000	.000	1.160	.320	.000	.090
2	2000	1.200	.000	.000	1.759	.936	.000	.264
3	2000	1.700	.000	.000	1.733	1.326	.000	.374
4	2000	2.830	.000	.000	1.594	2.207	.000	.623
5	2000	.810	.000	.000	1.366	.632	.000	.178
6	2000	.940	.000	.000	.754	.733	.000	.207
7	2000	.070	.000	.000	.055	.055	.000	.015
8	2000	.810	.000	.000	.565	.632	.000	.178
9	2000	2.270	.048	.001	.858	1.848	.000	.375
10	2000	1.520	.000	.000	.813	1.186	.000	.334
11	2000	2.020	.028	.000	1.013	1.639	.000	.353
12	2000	1.470	.000	.000	1.020	1.147	.000	.323
1	2001	2.040	.000	.000	1.499	1.591	.000	.449
2	2001	.870	.000	.000	2.167	.679	.000	.191
3	2001	1.020	.000	.000	1.568	.796	.000	.224
4	2001	2.070	.000	.000	1.623	1.615	.000	.455
5	2001	1.450	.000	.000	1.135	1.131	.000	.319
6	2001	.680	.000	.000	.532	.530	.000	.150
7	2001	2.670	.019	.000	2.143	2.141	.000	.511
8	2001	.140	.000	.000	.061	.109	.000	.031
9	2001	2.850	.080	.000	.929	2.307	.000	.463
10	2001	.410	.000	.000	.828	.320	.000	.090
11	2001	2.150	.000	.000	.741	1.677	.000	.473
12	2001	2.440	.030	.000	.725	1.963	.000	.447

OBJVAL = 2.268 SQUARE INCH

MASSBAL = 1.056 INCH

SIMULATION STATISTICS

MEAN OBSERVED MONTHLY RAINFALL = 1.97 INCH
 STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL = 1.50 INCH
 SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL = .72
 MEAN OBSERVED MONTHLY RUNOFF = .06 INCH
 STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF = .20 INCH
 SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF = 4.73
 MEAN PREDICTED MONTHLY RUNOFF = .05 INCH
 STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF = .17 INCH
 SKEWNESS COEFFICIENT OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF = 6.26
 PREDICTED/OBSERVED RUNOFF CORRELATION COEFFICIENT = .84
 PREDICTED RUNOFF = .83 X OBSERVED RUNOFF + (.01)
 STD. ERROR OF PREDICTED/OBSERVED RUNOFF REGRESSION LINE = .10 INCH
 MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL ET = 1.53 INCH
 STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL ET = 1.20 INCH
 MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL INFILTRATION = 1.54 INCH
 STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL INFILTRATION = 1.18 INCH
 MEAN PREDICTED MONTHLY BASEFLOW = .00 INCH
 STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY BASEFLOW = .00 INCH
 MEAN PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = .38 INCH
 STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = .27 INCH

EK 4: Optimizasyon Sonuçları ABS ile Kumdere Havzası Simülasyon Sonuçları

MODEL SIMULATION RUN

KUMDERE WATERSHED MERKEZ-EDİRNE

WATERSHED AREA = 1087.26 ACRES

WATERSHED PARAMETER VALUES

SCS CURVE NUMBER = 75.00
 AVAILABLE SOIL WATER CAPACITY = 9.00 İNCH
 SPECIFIC YIELD CAPACITY = 1.35 İNCH
 BASEFLOW SEEPAGE CONSTANT = .97
 SOIL ZONE PERCOLATION CONSTANT = .27
 INITIAL RAINFALL ABSTRACTION CONSTANT = .85

INITIAL WATERSHED CHARACTERISTIC VALUES

RAINFALL ABSTRACTION - S = 6.20 İNCH
 AVAILABLE SOIL WATER = 2.09 İNCH
 AVAILABLE WATER PERCENTAGE = 23.18
 INTERFLOW-GROUNDWATER STORAGE = .00 İNCH

MONTHLY WATERSHED DATA USED IN EVAPOTRANSPIRATION (ET) CALCULATIONS

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
1	1986	.780	7.750	42.300	2.557
2	1986	.910	10.080	37.400	3.431
3	1986	.920	11.470	43.700	4.611
4	1986	1.090	14.400	59.400	9.323
5	1986	1.210	16.740	64.000	12.963
6	1986	1.200	19.500	72.300	16.918
7	1986	1.010	22.630	75.000	17.142
8	1986	.390	22.630	77.400	6.831
9	1986	.290	19.200	69.100	3.847
10	1986	.200	13.330	55.600	1.482
11	1986	.410	9.600	42.800	1.685
12	1986	.640	6.820	35.200	1.536
1	1987	.780	7.750	33.800	2.043
2	1987	.910	10.080	41.500	3.807
3	1987	.920	11.470	37.600	3.968
4	1987	1.090	14.400	51.400	8.068
5	1987	1.210	16.740	62.100	12.579
6	1987	1.200	19.500	72.700	17.012
7	1987	1.010	22.630	78.300	17.896
8	1987	.390	22.630	72.100	6.363
9	1987	.290	19.200	69.800	3.886
10	1987	.200	13.330	54.000	1.440
11	1987	.410	9.600	50.700	1.996
12	1987	.640	6.820	37.600	1.641
1	1988	.780	7.750	40.300	2.436
2	1988	.910	10.080	40.500	3.715
3	1988	.920	11.470	46.600	4.917

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
4	1988	1.090	14.400	52.700	8.272
5	1988	1.210	16.740	63.300	12.822
6	1988	1.200	19.500	71.600	16.754
7	1988	1.010	22.630	79.900	18.262
8	1988	.390	22.630	76.800	6.778
9	1988	.290	19.200	67.800	3.775
10	1988	.200	13.330	54.300	1.448
11	1988	.410	9.600	38.700	1.523
12	1988	.640	6.820	38.300	1.672
1	1989	.780	7.750	35.100	2.122
2	1989	.910	10.080	42.800	3.926
3	1989	.920	11.470	50.000	5.276
4	1989	1.090	14.400	60.400	9.480
5	1989	1.210	16.740	61.300	12.417
6	1989	1.200	19.500	68.700	16.076
7	1989	1.010	22.630	73.900	16.891
8	1989	.390	22.630	75.400	6.655
9	1989	.290	19.200	66.900	3.725
10	1989	.200	13.330	55.000	1.466
11	1989	.410	9.600	44.600	1.755
12	1989	.640	6.820	37.600	1.641
1	1990	.780	7.750	33.100	2.001
2	1990	.910	10.080	43.200	3.963
3	1990	.920	11.470	50.900	5.371
4	1990	1.090	14.400	56.100	8.805
5	1990	1.210	16.740	62.800	12.720
6	1990	1.200	19.500	71.400	16.708
7	1990	1.010	22.630	76.600	17.508
8	1990	.390	22.630	74.500	6.575
9	1990	.290	19.200	65.500	3.647
10	1990	.200	13.330	56.800	1.514
11	1990	.410	9.600	52.900	2.082
12	1990	.640	6.820	43.300	1.890
1	1991	.780	7.750	35.600	2.152
2	1991	.910	10.080	38.300	3.513
3	1991	.920	11.470	44.400	4.685
4	1991	1.090	14.400	52.500	8.240
5	1991	1.210	16.740	60.600	12.275
6	1991	1.200	19.500	72.700	17.012
7	1991	1.010	22.630	76.100	17.394
8	1991	.390	22.630	74.100	6.540
9	1991	.290	19.200	67.600	3.764
10	1991	.200	13.330	57.600	1.536
11	1991	.410	9.600	48.400	1.905
12	1991	.640	6.820	33.300	1.453
1	1992	.780	7.750	35.800	2.164
2	1992	.910	10.080	37.200	3.412
3	1992	.920	11.470	45.700	4.822
4	1992	1.090	14.400	54.900	8.617
5	1992	1.210	16.740	60.800	12.315
6	1992	1.200	19.500	70.500	16.497
7	1992	1.010	22.630	73.000	16.685
8	1992	.390	22.630	78.300	6.911
9	1992	.290	19.200	65.800	3.664

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
10	1992	.200	13.330	61.900	1.650
11	1992	.410	9.600	48.600	1.913
12	1992	.640	6.820	36.000	1.571
1	1993	.780	7.750	34.200	2.067
2	1993	.910	10.080	34.200	3.137
3	1993	.920	11.470	43.500	4.590
4	1993	1.090	14.400	54.100	8.492
5	1993	1.210	16.740	63.000	12.761
6	1993	1.200	19.500	71.100	16.637
7	1993	1.010	22.630	74.500	17.028
8	1993	.390	22.630	75.600	6.672
9	1993	.290	19.200	67.500	3.758
10	1993	.200	13.330	60.800	1.621
11	1993	.410	9.600	41.900	1.649
12	1993	.640	6.820	43.500	1.899
1	1994	.780	7.750	41.700	2.521
2	1994	.910	10.080	39.900	3.660
3	1994	.920	11.470	48.200	5.086
4	1994	1.090	14.400	58.300	9.151
5	1994	1.210	16.740	66.400	13.450
6	1994	1.200	19.500	72.000	16.848
7	1994	1.010	22.630	77.000	17.599
8	1994	.390	22.630	78.400	6.919
9	1994	.290	19.200	75.200	4.187
10	1994	.200	13.330	59.700	1.592
11	1994	.410	9.600	44.400	1.748
12	1994	.640	6.820	39.200	1.711
1	1995	.780	7.750	36.500	2.206
2	1995	.910	10.080	45.900	4.210
3	1995	.920	11.470	46.600	4.917
4	1995	1.090	14.400	54.100	8.492
5	1995	1.210	16.740	63.900	12.943
6	1995	1.200	19.500	75.200	17.597
7	1995	1.010	22.630	75.900	17.348
8	1995	.390	22.630	74.100	6.540
9	1995	.290	19.200	67.300	3.747
10	1995	.200	13.330	54.900	1.464
11	1995	.410	9.600	42.300	1.665
12	1995	.640	6.820	41.200	1.798
1	1996	.780	7.750	34.200	2.067
2	1996	.910	10.080	35.800	3.284
3	1996	.920	11.470	38.300	4.042
4	1996	1.090	14.400	52.700	8.272
5	1996	1.210	16.740	69.100	13.996
6	1996	1.200	19.500	73.900	17.293
7	1996	1.010	22.630	77.500	17.714
8	1996	.390	22.630	74.800	6.602
9	1996	.290	19.200	64.600	3.597
10	1996	.200	13.330	55.800	1.488
11	1996	.410	9.600	50.200	1.976
12	1996	.640	6.820	42.800	1.868
1	1997	.780	7.750	37.800	2.285
2	1997	.910	10.080	39.700	3.642
3	1997	.920	11.470	43.000	4.538

MONTH	YEAR	CROP COEF	% DAY HRS	MON TEMP F	MON PET IN
4	1997	1.090	14.400	48.600	7.628
5	1997	1.210	16.740	66.200	13.409
6	1997	1.200	19.500	73.600	17.222
7	1997	1.010	22.630	75.900	17.348
8	1997	.390	22.630	70.900	6.257
9	1997	.290	19.200	63.100	3.513
10	1997	.200	13.330	53.600	1.429
11	1997	.410	9.600	48.700	1.917
12	1997	.640	6.820	39.200	1.711
1	1998	.780	7.750	39.200	2.370
2	1998	.910	10.080	42.800	3.926
3	1998	.920	11.470	41.400	4.369
4	1998	1.090	14.400	58.300	9.151
5	1998	1.210	16.740	63.900	12.943
6	1998	1.200	19.500	73.800	17.269
7	1998	1.010	22.630	77.200	17.645
8	1998	.390	22.630	78.100	6.893
9	1998	.290	19.200	66.000	3.675
10	1998	.200	13.330	58.600	1.562
11	1998	.410	9.600	45.700	1.799
12	1998	.640	6.820	33.100	1.445
1	1999	.780	7.750	38.100	2.303
2	1999	.910	10.080	38.500	3.532
3	1999	.920	11.470	47.500	5.012
4	1999	1.090	14.400	57.600	9.041
5	1999	1.210	16.740	64.900	13.146
6	1999	1.200	19.500	74.300	17.386
7	1999	1.010	22.630	78.100	17.851
8	1999	.390	22.630	76.800	6.778
9	1999	.290	19.200	69.100	3.847
10	1999	.200	13.330	59.900	1.597
11	1999	.410	9.600	47.700	1.877
12	1999	.640	6.820	44.100	1.925
1	2000	.780	7.750	32.700	1.977
2	2000	.910	10.080	42.100	3.862
3	2000	.920	11.470	45.500	4.801
4	2000	1.090	14.400	59.900	9.402
5	2000	1.210	16.740	65.100	13.186
6	2000	1.200	19.500	72.900	17.059
7	2000	1.010	22.630	80.200	18.331
8	2000	.390	22.630	77.400	6.831
9	2000	.290	19.200	67.500	3.758
10	2000	.200	13.330	56.700	1.512
11	2000	.410	9.600	52.900	2.082
12	2000	.640	6.820	43.700	1.907
1	2001	.780	7.750	41.700	2.521
2	2001	.910	10.080	43.700	4.009
3	2001	.920	11.470	53.600	5.656
4	2001	1.090	14.400	55.400	8.696
5	2001	1.210	16.740	64.900	13.146
6	2001	1.200	19.500	72.700	17.012
7	2001	1.010	22.630	81.100	18.536
8	2001	.390	22.630	79.700	7.034
9	2001	.290	19.200	70.200	3.909
10	2001	.200	13.330	60.400	1.610

11 2001	.410	9.600	46.800	1.842
12 2001	.640	6.820	29.500	1.288

MONTHLY WATERSHED CALCULATIONS

-VALUES ARE IN INCH-

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
1	1986	3.540	.000	.019	1.620	3.009	.000	.531
2	1986	4.520	.097	.201	2.492	3.893	.000	.531
3	1986	2.080	.254	.236	3.795	1.691	.000	.135
4	1986	1.470	.000	.000	3.231	1.250	.000	.220
5	1986	.180	.000	.000	.944	.153	.000	.027
6	1986	.490	.000	.000	.390	.417	.000	.073
7	1986	.370	.000	.000	.357	.315	.000	.055
8	1986	.230	.000	.000	.195	.196	.000	.034
9	1986	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
10	1986	3.240	.003	.000	.372	2.774	.000	.463
11	1986	.730	.000	.000	1.131	.621	.000	.109
12	1986	1.380	.000	.000	.874	1.173	.000	.207
1	1987	3.020	.000	.000	1.279	2.567	.000	.453
2	1987	1.470	.000	.000	2.698	1.249	.000	.220
3	1987	2.270	.000	.000	2.457	1.930	.000	.340
4	1987	4.230	.001	.000	4.268	3.609	.000	.619
5	1987	1.150	.000	.000	1.761	.977	.000	.172
6	1987	1.720	.000	.000	1.530	1.462	.000	.258
7	1987	.470	.000	.000	.402	.400	.000	.070
8	1987	.760	.000	.000	.644	.646	.000	.114
9	1987	1.710	.000	.000	.211	1.454	.000	.256
10	1987	1.220	.000	.000	.877	1.037	.000	.183
11	1987	6.400	.173	.000	1.106	5.531	.000	.697
12	1987	3.960	.497	.140	1.344	3.156	.000	.307
1	1988	1.010	.000	.000	2.163	.859	.000	.151
2	1988	2.600	.049	.000	3.067	2.228	.000	.323
3	1988	5.740	.054	.048	3.771	4.946	.000	.740
4	1988	1.560	.000	.000	6.552	1.326	.000	.234
5	1988	.830	.000	.000	2.150	.706	.000	.124
6	1988	1.510	.000	.000	1.214	1.283	.000	.226
7	1988	.220	.000	.000	.280	.187	.000	.033
8	1988	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
9	1988	1.260	.000	.000	1.046	1.071	.000	.189
10	1988	1.230	.000	.000	.425	1.046	.000	.184
11	1988	5.190	.004	.014	.734	4.430	.000	.756
12	1988	3.040	.008	.041	1.223	2.601	.000	.431
1	1989	.000	.000	.000	1.836	.000	.000	.000
2	1989	.310	.000	.000	2.774	.264	.000	.046
3	1989	5.150	.082	.198	3.444	4.408	.000	.660
4	1989	1.200	.000	.000	3.332	1.020	.000	.180
5	1989	2.220	.000	.000	1.910	1.887	.000	.333
6	1989	3.400	.000	.000	2.899	2.890	.000	.510
7	1989	.860	.000	.000	.735	.731	.000	.129
8	1989	3.550	.242	.215	2.414	2.999	.000	.309
9	1989	.900	.000	.000	.947	.765	.000	.135
10	1989	2.540	.000	.000	.732	2.159	.000	.381
11	1989	2.630	.000	.000	1.081	2.235	.000	.394
12	1989	3.060	.000	.014	1.114	2.601	.000	.459

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
1	1990	.050	.000	.000	1.612	.043	.000	.007
2	1990	.440	.000	.000	2.505	.374	.000	.066
3	1990	.340	.000	.000	1.060	.289	.000	.051
4	1990	3.240	.000	.000	2.319	2.754	.000	.486
5	1990	3.670	.000	.052	2.636	3.120	.000	.550
6	1990	.980	.000	.000	1.758	.833	.000	.147
7	1990	.770	.000	.000	.659	.655	.000	.115
8	1990	.130	.000	.000	.110	.111	.000	.019
9	1990	2.900	.000	.000	.890	2.465	.000	.435
10	1990	4.330	.005	.149	.890	3.702	.000	.623
11	1990	2.170	.015	.169	1.628	1.869	.000	.286
12	1990	4.800	.070	.350	1.288	4.088	.000	.643
1	1991	.350	.000	.000	1.967	.297	.000	.052
2	1991	1.560	.000	.006	2.866	1.326	.000	.234
3	1991	1.030	.000	.000	3.347	.875	.000	.154
4	1991	1.690	.000	.000	2.889	1.436	.000	.253
5	1991	2.930	.000	.000	2.482	2.490	.000	.439
6	1991	.270	.000	.000	.550	.230	.000	.040
7	1991	.810	.000	.000	.692	.689	.000	.121
8	1991	.550	.000	.000	.467	.468	.000	.082
9	1991	.640	.000	.067	.512	.544	.000	.096
10	1991	3.290	.000	.017	.796	2.796	.000	.493
11	1991	3.270	.000	.030	1.243	2.780	.000	.490
12	1991	1.020	.000	.000	1.064	.867	.000	.153
1	1992	.080	.000	.000	1.579	.068	.000	.012
2	1992	1.140	.000	.000	1.939	.969	.000	.171
3	1992	1.780	.000	.000	1.401	1.513	.000	.267
4	1992	1.710	.000	.000	2.455	1.453	.000	.256
5	1992	2.050	.000	.000	1.723	1.742	.000	.307
6	1992	3.100	.000	.000	2.591	2.635	.000	.465
7	1992	.690	.000	.000	.672	.587	.000	.103
8	1992	.230	.000	.000	.189	.196	.000	.034
9	1992	.190	.000	.000	.117	.162	.000	.028
10	1992	2.600	.000	.000	.529	2.210	.000	.390
11	1992	3.910	.051	.027	1.180	3.362	.000	.497
12	1992	.740	.000	.000	1.198	.629	.000	.111
1	1993	.150	.000	.000	1.500	.128	.000	.022
2	1993	1.080	.000	.000	1.704	.918	.000	.162
3	1993	1.350	.000	.000	1.904	1.148	.000	.202
4	1993	.550	.000	.000	.897	.468	.000	.082
5	1993	4.320	.000	.065	3.589	3.672	.000	.648
6	1993	.770	.000	.000	.748	.655	.000	.115
7	1993	.050	.000	.000	.049	.043	.000	.007
8	1993	1.610	.000	.000	.399	1.368	.000	.241
9	1993	.140	.000	.000	1.082	.119	.000	.021
10	1993	1.950	.000	.000	.769	1.658	.000	.292
11	1993	3.450	.000	.000	.751	2.932	.000	.517
12	1993	2.020	.000	.000	1.344	1.717	.000	.303
1	1994	.740	.000	.000	1.818	.629	.000	.111
2	1994	.600	.000	.000	2.096	.510	.000	.090
3	1994	1.260	.000	.000	1.087	1.071	.000	.189
4	1994	2.480	.000	.000	2.660	2.108	.000	.372
5	1994	.650	.000	.000	.653	.553	.000	.097
6	1994	4.120	.040	.034	3.573	3.548	.000	.531

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
7	1994	2.200	.000	.014	1.873	1.870	.000	.330
8	1994	.430	.000	.000	.365	.366	.000	.064
9	1994	.020	.000	.000	.017	.017	.000	.003
10	1994	4.400	.014	.000	.781	3.773	.000	.613
11	1994	2.320	.019	.000	1.261	2.002	.000	.299
12	1994	4.530	.289	.299	1.138	3.747	.000	.493
1	1995	5.320	.805	.756	1.774	4.325	.250	.439
2	1995	1.340	.017	.002	3.861	1.152	.000	.171
3	1995	3.320	.093	.058	3.898	2.840	.000	.387
4	1995	3.240	.000	.016	6.073	2.754	.000	.486
5	1995	.770	.000	.000	2.212	.655	.000	.115
6	1995	1.130	.000	.000	.982	.961	.000	.169
7	1995	2.250	.000	.000	1.924	1.913	.000	.337
8	1995	4.070	.008	.000	2.888	3.492	.000	.570
9	1995	1.380	.000	.000	1.001	1.173	.000	.207
10	1995	.970	.000	.000	.631	.825	.000	.145
11	1995	4.720	.010	.059	1.037	4.053	.000	.657
12	1995	2.070	.000	.004	1.317	1.759	.000	.310
1	1996	1.160	.000	.031	1.605	.986	.000	.174
2	1996	5.030	.624	1.224	2.380	3.985	.000	.421
3	1996	3.130	.000	.299	3.036	2.661	.000	.469
4	1996	2.400	.001	.067	5.996	2.049	.000	.351
5	1996	.250	.000	.000	1.296	.212	.000	.037
6	1996	.070	.000	.000	.079	.060	.000	.010
7	1996	.040	.000	.000	.040	.034	.000	.006
8	1996	2.120	.000	.000	1.729	1.802	.000	.318
9	1996	3.100	.000	.000	1.412	2.635	.000	.465
10	1996	.420	.000	.000	.757	.357	.000	.063
11	1996	4.100	.001	.000	.761	3.495	.000	.604
12	1996	3.330	.124	.091	1.328	2.833	.000	.373
1	1997	.910	.000	.002	1.862	.774	.000	.136
2	1997	.800	.000	.000	2.670	.680	.000	.120
3	1997	2.310	.000	.000	2.482	1.963	.000	.346
4	1997	3.040	.000	.004	3.589	2.584	.000	.456
5	1997	1.630	.000	.000	1.902	1.386	.000	.244
6	1997	.510	.000	.000	.466	.434	.000	.076
7	1997	3.060	.003	.001	2.631	2.621	.000	.436
8	1997	1.890	.000	.000	1.481	1.606	.000	.283
9	1997	.020	.000	.000	.142	.017	.000	.003
10	1997	3.010	.000	.000	.579	2.559	.000	.451
11	1997	3.030	.000	.000	1.191	2.580	.000	.450
12	1997	4.250	.000	.129	1.064	3.613	.000	.637
1	1998	1.850	.000	.092	1.916	1.572	.000	.277
2	1998	3.690	.325	.781	3.372	3.051	.000	.314
3	1998	3.110	.009	.079	3.438	2.665	.000	.436
4	1998	1.170	.000	.000	5.314	.995	.000	.175
5	1998	6.620	.046	.103	5.297	5.674	.000	.900
6	1998	1.900	.000	.000	2.166	1.615	.000	.285
7	1998	.920	.000	.000	.796	.782	.000	.138
8	1998	.160	.000	.000	.044	.136	.000	.024
9	1998	4.990	.168	.000	.832	4.246	.000	.576
10	1998	5.080	.158	.109	1.083	4.350	.000	.573
11	1998	5.080	.944	.985	1.350	4.197	.497	.437
12	1998	3.720	2.796	1.408	1.312	1.971	1.176	.130

MONTH	YEAR	MPREC	PRDFLOW	OBSFLOW	MAET	MINF	MBSFL	MINT
1	1999	2.390	.159	.207	2.051	2.012	.000	.219
2	1999	3.660	.814	1.101	3.227	2.863	.300	.283
3	1999	3.120	.011	.144	4.305	2.678	.000	.431
4	1999	1.300	.000	.000	6.743	1.105	.000	.195
5	1999	2.790	.000	.000	3.007	2.372	.000	.418
6	1999	3.640	.000	.418	1.913	3.094	.000	.546
7	1999	2.400	.000	.175	3.051	2.040	.000	.360
8	1999	3.150	.000	.574	2.507	2.678	.000	.472
9	1999	.370	.000	.000	.673	.315	.000	.055
10	1999	.290	.000	.000	.148	.247	.000	.043
11	1999	1.760	.000	.000	.483	1.496	.000	.264
12	1999	2.550	.000	.001	.923	2.168	.000	.382
1	2000	.410	.000	.000	1.265	.349	.000	.061
2	2000	1.200	.000	.000	1.930	1.020	.000	.180
3	2000	1.700	.000	.000	1.867	1.445	.000	.255
4	2000	2.830	.000	.000	1.757	2.405	.000	.424
5	2000	.810	.000	.000	1.429	.689	.000	.121
6	2000	.940	.000	.000	.830	.799	.000	.141
7	2000	.070	.000	.000	.065	.060	.000	.010
8	2000	.810	.000	.000	.629	.689	.000	.121
9	2000	2.270	.009	.001	.926	1.960	.000	.301
10	2000	1.520	.000	.000	.881	1.292	.000	.228
11	2000	2.020	.003	.000	1.108	1.736	.000	.281
12	2000	1.470	.000	.000	1.122	1.250	.000	.220
1	2001	2.040	.000	.000	1.648	1.734	.000	.306
2	2001	.870	.000	.000	2.328	.740	.000	.130
3	2001	1.020	.000	.000	1.619	.867	.000	.153
4	2001	2.070	.000	.000	1.763	1.760	.000	.310
5	2001	1.450	.000	.000	1.234	1.233	.000	.217
6	2001	.680	.000	.000	.594	.578	.000	.102
7	2001	2.670	.000	.000	2.283	2.277	.000	.393
8	2001	.140	.000	.000	.072	.119	.000	.021
9	2001	2.850	.024	.000	1.020	2.465	.000	.361
10	2001	.410	.000	.000	.905	.349	.000	.061
11	2001	2.150	.000	.000	.803	1.827	.000	.322
12	2001	2.440	.006	.000	.798	2.097	.000	.337

OBJVAL = 7.176 INCH

MASSBAL = .858 INCH

SIMULATION STATISTICS

MEAN OBSERVED MONTHLY RAINFALL = 1.97 İNCH
 STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL = 1.50 İNCH
 SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL = .72
 MEAN OBSERVED MONTHLY RUNOFF = .06 İNCH
 STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF = .20 İNCH
 SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF = 4.73
 MEAN PREDICTED MONTHLY RUNOFF = .05 İNCH
 STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF = .24 İNCH
 SKEWNESS COEFFICIENT OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF = 8.98
 PREDICTED/OBSERVED RUNOFF CORRELATION COEFFICIENT = .81
 PREDICTED RUNOFF = .98 X OBSERVED RUNOFF + (-.01)
 STD. ERROR OF PREDICTED/OBSERVED RUNOFF REGRESSION LINE = .14 İNCH
 MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL ET = 1.65 İNCH
 STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL ET = 1.27 İNCH
 MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL INFILTRATION = 1.66 İNCH
 STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL INFILTRATION = 1.27 İNCH
 MEAN PREDICTED MONTHLY BASEFLOW = .01 İNCH
 STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY BASEFLOW = .10 İNCH
 MEAN PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = .27 İNCH
 STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = .19 İNCH

EK 5: Hassaslık Analizi (SQR) Sonuçları

SENSITIVITY ANALYSIS RESULTS

KUMDERE WATERSHED MERKEZ-EDİRNE

INITIAL PARAMETER VALUES

CN = 79.000
 AWC = 10.600
 SYC = .450
 SC = .090
 PERCCOEFF = .030
 IRAC = .780

VALUES OF PARAMETERS CHANGED FOR SENSITIVITY ANALYSIS

	-50%	-25%	-10%	-5%	-2%	-1%
CN	39.50	59.25	71.10	75.05	77.42	78.21
AWC	5.30	7.95	9.54	10.07	10.39	10.49
SYC	.22	.34	.41	.43	.44	.45
SC	.05	.07	.08	.09	.09	.09
PERCCOEFF	.01	.02	.03	.03	.03	.03
IRAC	.39	.58	.70	.74	.76	.77
	+1%	+2%	+5%	+10%	+25%	+50%
CN	79.79	80.58	82.95	86.90	98.75	100.00
AWC	10.71	10.81	11.13	11.66	13.25	15.90
SYC	.45	.46	.47	.49	.56	.67
SC	.09	.09	.09	.10	.11	.14
PERCCOEFF	.03	.03	.03	.03	.04	.04
IRAC	.79	.80	.82	.86	.97	1.00

SUM OF SQUARED DIFFERENCES IN SIMULATED RUNOFF DUE TO % PARAMETER CHANGE

	-50%	-25%	-10%	-5%	-2%	-1%
CN	3.58	2.82	1.02	.35	.07	.02
AWC	25.59	3.14	.37	.08	.01	.00
SYC	.02	.00	.00	.00	.00	.00
SC	.00	.00	.00	.00	.00	.00
PERCCOEFF	.00	.00	.00	.00	.00	.00
IRAC	3.10	1.28	.23	.06	.01	.00

	+1%	+2%	+5%	+10%	+25%	+50%
CN	.02	.09	.71	4.34	234.49	453.06
AWC	.00	.01	.06	.22	.91	1.93
SYC	.00	.00	.00	.00	.00	.02
SC	.00	.00	.00	.00	.00	.00
PERCCOEF	.00	.00	.00	.00	.00	.00
IRAC	.00	.01	.04	.16	.55	.62

RELATIVE SENSITIVITY COEFFICIENTS

CN = 9.0563
 AWC = 1.5072
 SYC = .0775
 SC = .0000
 PERCCOEF = .0000
 IRAC = 1.5661



EK 6: Hassaşıık Analizi (ABS) Sonuçları

SENSITIVITY ANALYSIS RESULTS

KUMDERE WATERSHED MERKEZ-EDİRNE

INITIAL PARAMETER VALUES

CN = 75.000
 AWC = 9.000
 SYC = 1.350
 SC = .970
 PERCCOEF = .270
 IRAC = .850

VALUES OF PARAMETERS CHANGED FOR SENSITIVITY ANALYSIS

	-50%	-25%	-10%	-5%	-2%	-1%
CN	37.50	56.25	67.50	71.25	73.50	74.25
AWC	4.50	6.75	8.10	8.55	8.82	8.91
SYC	.68	1.01	1.22	1.28	1.32	1.34
SC	.49	.73	.87	.92	.95	.96
PERCCOEF	.14	.20	.24	.26	.26	.27
IRAC	.43	.64	.77	.81	.83	.84
	+1%	+2%	+5%	+10%	+25%	+50%
CN	75.75	76.50	78.75	82.50	93.75	100.00
AWC	9.09	9.18	9.45	9.90	11.25	13.50
SYC	1.36	1.38	1.42	1.49	1.69	2.03
SC	.98	.99	1.00	1.00	1.00	1.00
PERCCOEF	.27	.28	.28	.30	.34	.41
IRAC	.86	.87	.89	.94	1.00	1.00

SUM OF ABSOLUTE DIFFERENCES IN SIMULATED RUNOFF DUE TO % PARAMETER CHANGE

	-50%	-25%	-10%	-5%	-2%	-1%
CN	4.54	4.19	2.79	1.76	.81	.43
AWC	20.80	7.71	2.22	1.08	.43	.21
SYC	.80	.37	.14	.07	.03	.01
SC	.09	.03	.01	.01	.00	.00
PERCCOEF	.24	.10	.05	.02	.01	.00
IRAC	7.29	4.76	1.89	.97	.38	.19
	+1%	+2%	+5%	+10%	+25%	+50%

CN	.48	1.01	2.97	7.84	54.73	219.97
AWC	.21	.42	1.00	1.71	3.60	5.33
SYC	.01	.03	.07	.14	.32	.59
SC	.00	.00	.00	.00	.00	.00
PERCCOEF	.00	.01	.02	.04	.09	.14
IRAC	.18	.36	.85	1.51	2.07	2.07

RELATIVE SENSITIVITY COEFFICIENTS

CN = 5.2185
 AWC = 2.2967
 SYC = .1534
 SC = .0142
 PERCCOEF = .0450
 IRAC = 2.0169



EK 7: SWMHMS Modeli

```

C PROGRAM MNSWMHMS
C WRITTEN BY BARRY ALLRED - AG ENG. DEPT. - OSU
C THIS COMPUTER PROGRAM IS TO BE USED FOR MODELING RUNOFF FROM
C SMALL NON-URBAN WATERSHEDS
C DECLARATION OF ARRAYS AND VARIABLES
  INTEGER BM,BD,BY,EM,ED,EY,IM,ID,IY,BSOSM,BSOSD,BSOSY,ESOSM
  INTEGER ESOSD,ESOSY,NY,NP,MONTH,DAY,YEAR,NR,Z,NO
  INTEGER BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
  REAL PRECIP(12,31,25),RUNOFF(12,31,25),MONTEMP(12,25),CK(12)
  REAL CP(12),MPREC(12,25),MRUN(12,25),MAET(12,25),MINF(12,25)
  REAL MBSFL(12,25),MFLOW(12,25),MPET(12,25),DPET(12,25),MINT(12,25)
  REAL AREA,CN,AWC,SYC,SC,PERCCOE,IRAC,SWCP,IGS,RAINFALL,WATFLO
  REAL LCN,UCN,LAWC,UAWC,LSYC,USYC,LSC,USC,LPERC,UPERC
  REAL LIRAC,UIRAC,ICN,IAWC,ISYC,ISC,IPEC,IIRAC
  REAL RX,RY,RZ,ZZ,CNI,SMX,AW,AWP,S,IGSP,MRUNOFF,TWC,MASSBAL
  REAL SI,AWI,AWPI,IGSI
  REAL MNOBJVAL,OBJVAL,OPTCN,OPTAWC,OPTSYC,OPTSC,OPTPERC,OPTIRAC
  REAL MNOBJ1,OPTCN1,OPTAWC1,OPTSYC1,OPTSC1,OPTPERC1,OPTIRAC1
  REAL MNOBJ2,OPTCN2,OPTAWC2,OPTSYC2,OPTSC2,OPTPERC2,OPTIRAC2
  REAL SENPAR(6,13),SNDIFF(6,13),SRVAL(6),RELSSENSQ(6),MFLOWSUM
  REAL MOFSUM,MOFSQSUM,MOFCBSUM,MPFOFSUM,MPFSUM
  REAL MPFSQSUM,MPFCBSUM,MRFSUM,MRFSQSUM,MRFCBSUM
  REAL MAETSUM,MAETSSUM,MINFSUM,MINFSSUM,MBFLSUM
  REAL MBFLSSUM,MINTSUM,MINTSSUM,MNSUM
  REAL MOFMN,MOFSTD,MOFSKEW,MPFMN,MPFSTD,MPFSKEW
  REAL M2,M3,SSX,SSY,SPXY,RCORR,B1,B0,STDEE
  REAL MRFMN,MRFSTD,MRFSKEW,MAETMN,MAETSTD
  REAL MINFMN,MINFSTD,MBFLMN,MBFLSTD,MINTMN,MINTSTD
  CHARACTER FLOWFLAG*1, OPTFLAG*1, SMOPSNFG*3, INPUT*12, OUTPUT*12
  CHARACTER WATNAME*60, PARNAME(6)*8, FLOWTYPE*1, OBJTYPE*3
  COMMON /AREA1A/ BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
  COMMON /AREA1B/ IY,BSOSY,ESOSY,IM,BSOSM,ESOSM,ID,BSOSD,ESOSD
  COMMON /AREA2/ PRECIP,DPET
  COMMON /AREA3/ AWC,SYC,SC,PERCCOE,IRAC,S,SMX,AW,AWP,IGS,TWC,CN
  COMMON /AREA4/ MPREC,MRUN,MAET,MINF,MBSFL,MINT
  COMMON /AREA5A/ LCN,UCN,LAWC,UAWC,LSYC,USYC,LSC,USC,LPERC,UPERC
  COMMON /AREA5B/ LIRAC,UIRAC,ICN,IAWC,ISYC,ISC,IPEC,IIRAC
  COMMON /AREA6/ SI,AWI,AWPI,IGSI
  COMMON /AREA7/ MFLOW,MFLOWSUM
  COMMON /AREA8A/ OPTCN,OPTAWC,OPTSYC,OPTSC,OPTPERC,OPTIRAC
  COMMON /AREA8B/ MNOBJVAL,OBJVAL
  COMMON /AREA9/ SENPAR,SNDIFF,RELSSENSQ
  COMMON /AREA10/ SWCP,IGSP
  COMMON /AREA11/ OBJTYPE
  COMMON /AREA12/ NO
  DATA PARNAME /'CN','AWC','SYC','SC','PERCCOE','IRAC'/
C INITIALIZE ARRAYS WITH ZERO VALUES
  DO 1 I=1,12

```

```

DO 1 J=1,31
DO 1 K=1,25
PRECIP(I,J,K)=0.0
RUNOFF(I,J,K)=0.0
1 CONTINUE
DO 2 I=1,12
DO 2 K=1,25
MPREC(I,K)=0.0
MRUN(I,K)=0.0
MAET(I,K)=0.0
MINF(I,K)=0.0
MBSFL(I,K)=0.0
MINT(I,K)=0.0
MONTEMP(I,K)=0.0
CK(I)=0.0
CP(I)=0.0
MFLOW(I,K)=0.0
2 CONTINUE
C READ FILE NAMES
C READ AND OPEN INPUT FILE NAME
WRITE(*,1001)
READ(*,1002)INPUT
OPEN(UNIT=10,FILE=INPUT,STATUS='OLD')
C READ AND OPEN OUTPUT FILE NAME
WRITE(*,1010)
READ(*,1002)OUTPUT
OPEN(UNIT=11,FILE=OUTPUT,STATUS='UNKNOWN')
C READ MODEL INPUT DATA
C READ WATERSHED NAME
READ(10,1011)WATNAME
C READ IN DATES
C BM = BEGINNING MONTH OF DATA RECORD
C BD = BEGINNING DAY OF DATA RECORD
C BY = BEGINNING YEAR OF DATA RECORD
C EM = ENDING MONTH OF DATA RECORD
C ED = ENDING DAY OF DATA RECORD
C EY = ENDING YEAR OF DATA RECORD
C IM = MONTH IN WHICH INITIALIZATION PERIOD BEGINS
C ID = DAY IN WHICH INITIALIZATION PERIOD BEGINS
C IY = YEAR IN WHICH INITIALIZATION PERIOD BEGINS
C BSOSM = BEGINNING MONTH OF SIMULATION/OPTIMIZATION/SENSITIVITY
C BSOSD = BEGINNING DAY OF SIMULATION/OPTIMIZATION/SENSITIVITY
C BSOSY = BEGINNING YEAR OF SIMULATION/OPTIMIZATION/SENSITIVITY
C ESOSM = ENDING MONTH OF SIMULATION/OPTIMIZATION/SENSITIVITY
C ESOSD = ENDING DAY OF SIMULATION/OPTIMIZATION/SENSITIVITY
C ESOSY = ENDING YEAR OF SIMULATION/OPTIMIZATION/SENSITIVITY
READ(10,1003)BM,BD,BY,EM,ED,EY,IM,ID,IY,BSOSM,BSOSD,BSOSY,
1ESOSM,ESOSD,ESOSY
C READ IN WATERSHED AREA, PARAMETERS, AND INITIAL VALUES
C AREA = WATERSHED AREA (ACRES)
C CN = SCS TYPE 2 CURVE NUMBER

```

```

C  AWC = AVAILABLE WATER HOLDING CAPACITY OF SOIL ZONE
C  SYC = SPECIFIC YIELD CAPACITY OF SOIL ZONE
C  SC = BASEFLOW SEEPAGE CONSTANT
C  PERCCOEF = SOIL ZONE PERCOLATION CONSTANT
C  IRAC = INITIAL RAINFALL ABSTRACTION COEFFICIENT
C  SWCP = PRELIMINARY SOIL WATER CONTENT
C  IGSP = PRELIMINARY INTERFLOW/GROUNDWATER STORAGE
  READ(10,1004)AREA,CN,AWC,SYC,SC,PERCCOEF,IRAC,SWCP,IGSP
C READ IN MONTHLY VALUES OF MEAN TEMPERATURE (MONTEMP),
C CROP COEFFICIENT (CK), AND PERCENT TOTAL DAYTIME HOURS OF YEAR (CP)
  NY = (EY-BY)+1
  READ(10,1005)((MONTEMP(I,K),I=1,12),K=1,NY)
  READ(10,1005)(CK(I),I=1,12)
  READ(10,1005)(CP(I),I=1,12)
C READ IN NUMBER OF PRECIPITATION RECORDS - NP
  READ(10,1006)NP
C READ IN PRECIPITATION RECORD FOR WATERSHED
  DO 3 N=1,NP
    READ(10,1007)MONTH,DAY,YEAR,RAINFALL
    I=MONTH
    J=DAY
    K=(YEAR-BY)+1
    PRECIP(I,J,K)=RAINFALL
  3 CONTINUE
C DETERMINE IF RUNOFF RECORD IS AVAILABLE
  READ(10,1008)FLOWFLAG
  IF(FLOWFLAG.EQ.'N')GO TO 4
C READ NUMBER OF RUNOFF RECORDS
C  NR - NUMBER OF RUNOFF RECORDS
  READ(10,1006)NR
C DETERMINE IF RUNOFF RECORD CONTAINS MONTHLY OR DAILY DATA
  READ(10,1008) FLOWTYPE
C READ IN RUNOFF RECORD FOR WATERSHED
  IF(FLOWTYPE.EQ.'M')GO TO 701
  DO 5 N=1,NR
    READ (10,1007)MONTH,DAY,YEAR,WATFLO
    I=MONTH
    J=DAY
    K=(YEAR-BY)+1
C CONVERT DAILY RUNOFF IN CFS TO INCH
    RUNOFF(I,J,K)=(WATFLO*23.80)/AREA
  5 CONTINUE
C SET LOOP LIMITS FOR CONVERSION OF DAILY TO MONTHLY RUNOFF
  BLY=1
  ELY=NY
  BLM=BM
  ELM=EM
  BLD=BD
  ELD=ED
C CONVERT DAILY RUNOFF INTO MONTHLY RUNOFF
  DO 508 K=BLY,ELY

```

```

YEAR=BY+K-1
RX=FLOAT(YEAR/4)
RY=AIN(T(RX)
RZ=RX-RY
DO 509 I=1,12
MRUNOFF = 0.0
DO 510 J=1,31
IF(I.LT.BLM.AND.K.EQ.BLY)GO TO 510
IF(I.GT.ELM.AND.K.EQ.ELY)GO TO 510
IF(J.LT.BLD.AND.I.EQ.BLM)GO TO 611
IF(J.GT.ELD.AND.I.EQ.ELM)GO TO 612
GO TO 512
611 IF(K.EQ.BLY)GO TO 510
GO TO 512
612 IF(K.EQ.ELY)GO TO 510
512 IF(I.EQ.4.AND.J.GT.30)GO TO 510
IF(I.EQ.6.AND.J.GT.30)GO TO 510
IF(I.EQ.9.AND.J.GT.30)GO TO 510
IF(I.EQ.11.AND.J.GT.30)GO TO 510
IF(RZ.LT.0.1)GO TO 513
IF(RZ.GE.0.1)GO TO 514
513 IF(I.EQ.2.AND.J.GT.28)GO TO 510
514 IF(I.EQ.2.AND.J.GT.29)GO TO 510
MRUNOFF=MRUNOFF+RUNOFF(I,J,K)
510 CONTINUE
MFLOW(I,K)=MRUNOFF
509 CONTINUE
508 CONTINUE
GO TO 700
C IF FLOWTYPE IS 'M' THEN READ MONTHLY RUNOFF
701 DO 702 N=1,NR
READ(10,2005)MONTH,YEAR,WATFLO
I=MONTH
K=(YEAR-BY)+1
MFLOW(I,K)=WATFLO
702 CONTINUE
C DETERMINE IF PARAMETER OPTIMIZATION DATA IS AVAILABLE
700 READ(10,1008)OPTFLAG
IF(OPTFLAG.EQ.'N')GO TO 4
C READ IN LOWER AND UPPER LIMITS FOR OPTIMIZED PARAMETERS
READ(10,1009)LCN,UCN
READ(10,1009)LAWC,UAWC
READ(10,1009)LSYC,USYC
READ(10,1009)LSC,USC
READ(10,1009)LPERC,UPERC
READ(10,1009)LIRAC,UIRAC
C CALCULATE MONTHLY AND DAILY PET VALUES
4 DO 7 K=1,NY
YEAR=BY+K-1
RX=FLOAT(YEAR/4)
RY=AIN(T(RX)

```

```

RZ=RX-RY
DO 7 I=1,12
MPET(I,K)=MONTEMP(I,K)*CK(I)*(CP(I)/100.)
Z=31
IF(I.EQ.4)Z=30
IF(I.EQ.6)Z=30
IF(I.EQ.9)Z=30
IF(I.EQ.11)Z=30
IF(RZ.LT.0.1.AND.I.EQ.2)Z=28
IF(RZ.GE.0.1.AND.I.EQ.2)Z=29
ZZ=FLOAT(Z)
DPET(I,K)=MPET(I,K)/ZZ
7 CONTINUE
C CALCULATE SCS RUNOFF PARAMETERS
CNI=-16.91+1.348*CN-0.01379*(CN**2)+.0001177*(CN**3)
SMX = (1000./CNI)-10.
C CALCULATE PRELIMINARY WATERSHED VALUES
AW=SWCP
IGS=IGSP
AWP=(AW/AWC)*100.
TWC=AWC+SYC
S=SMX*((TWC-AW)/TWC)
C DETERMINE OBJECTIVE FUNCTION TYPE
READ(10,2004)OBJTYPE
C SIMULATION OR OPTIMIZATION OR SENSITIVITY ANALYSIS
C READ IN SMOPSNFG VALUE
C SMOPSNFG = SIM = SIMULATION
C SMOPSNFG = OPT = OPTIMIZATION
C SMOPSNFG = SEN = SENSITIVITY ANALYSIS
READ(10,2004)SMOPSNFG
CLOSE(UNIT=10)
IF(SMOPSNFG.EQ.'SIM')GO TO 8
IF(SMOPSNFG.EQ.'OPT')GO TO 9
IF(SMOPSNFG.EQ.'SEN')GO TO 10
C SIMULATION RUN
8 CALL INITIAL
BLY = (BSOSY-BY)+1
ELY = (ESOSY-BY)+1
BLM = BSOSM
ELM = ESOSM
BLD = BSOSD
ELD = ESOSD
CALL WATFLOW
IF(FLOWFLAG.EQ.'Y')CALL OBJFXN
GO TO 11
C OPTIMIZATION RUN
9 NO=1
C FIRST OPTIMIZATION CYCLE
CALL BFOPT
MNOBJ1=MNOBJVAL
OPTCN1=OPTCN

```

```

OPTAWC1=OPTAWC
OPTSYC1=OPTSYC
OPTSC1=OPTSC
OPTPERC1=OPTPERC
OPTIRAC1=OPTIRAC
CN=OPTCN
AWC=OPTAWC
SYC=OPTSYC
SC=OPTSC
PERCCOEF=OPTPERC
IRAC=OPTIRAC
LCN=CN-ICN
UCN=CN+ICN
LAWC=AWC-IAWC
UAWC=AWC+IAWC
LSYC=SYC-ISYC
USYC=SYC+ISYC
LSC=SC-ISC
USC=SC+ISC
LPERC=PERCCOEF-IPERC
UPERC=PERCCOEF+IPERC
LIRAC=IRAC-IIRAC
UIRAC=IRAC+IIRAC
IF(LCN.LT.0.0)LCN=0.0
IF(UCN.GT.100.)UCN=100.0
IF(LAWC.LT.0.0)LAWC=0.0
IF(LSYC.LT.0.0)LSYC=0.0
IF(LSC.LT.0.0)LSC=0.0
IF(USC.GT.1.0)USC=1.0
IF(LPERC.LT.0.0)LPERC=0.0
IF(UPERC.GT.1.0)UPERC=1.0
IF(LIRAC.LT.0.0)LIRAC=0.0
IF(UIRAC.GT.1.0)UIRAC=1.0
NO=2

```

C SECOND OPTIMIZATION CYCLE

```

CALL BFOPT
MNOBJ2=MNOBJVAL
OPTCN2=OPTCN
OPTAWC2=OPTAWC
OPTSYC2=OPTSYC
OPTSC2=OPTSC
OPTPERC2=OPTPERC
OPTIRAC2=OPTIRAC
GO TO 12

```

C SENSITIVITY RUN

```

10 CALL INITIAL
BLY = (BSOSY-BY)+1
ELY = (ESOSY-BY)+1
BLM = BSOSM
ELM = ESOSM
BLD = BSOSD

```

```

ELD = ESOSD
CALL SENS
GO TO 13
C GENERATE SWMHMS OUTPUT FILE
C SIMULATION RESULTS
11 WRITE(11,1012)
C PRINT HEADER INFORMATION
WRITE(11,1013)WATNAME
WRITE(11,1014)AREA
C PRINT WATERSHED PARAMETER VALUES
WRITE(11,1015)
WRITE(11,1016)CN
WRITE(11,1017)AWC
WRITE(11,1018)SYC
WRITE(11,1019)SC
WRITE(11,1020)PERCCOEF
WRITE(11,2001)IRAC
C PRINT INITIAL WATERSHED CHARACTERISTIC VALUES
WRITE(11,1021)
WRITE(11,1022)SI
WRITE(11,1023)AWI
WRITE(11,1024)AWPI
WRITE(11,1025)IGSI
C PRINT MONTHLY DATA VALUES
WRITE(11,1026)
WRITE(11,1027)
DO 14 K=BLY,ELY
DO 14 I=1,12
IF(I.LT.BLM.AND.K.EQ.BLY)GO TO 14
IF(I.GT.ELM.AND.K.EQ.ELY)GO TO 14
YEAR=BY+K-1
MONTH=I
WRITE(11,1028)MONTH,YEAR,CK(I),CP(I),MONTEMP(I,K),MPET(I,K)
14 CONTINUE
OPEN(UNIT=12,FILE='OUTPUT.DAT',STATUS='UNKNOWN')
C INITIALIZE MASS BALANCE AND STATISTICS VALUES
MASSBAL=0.0
MOFSUM=0.0
MOFSQSUM=0.0
MOFCBSUM=0.0
MPFOFSUM=0.0
MPFSUM=0.0
MPFSQSUM=0.0
MPFCBSUM=0.0
MRFSUM=0.0
MRFSQSUM=0.0
MRFCBSUM=0.0
MAETSUM=0.0
MAETSSUM=0.0
MINFSUM=0.0
MINFSSUM=0.0

```

```

MBFLSUM=0.0
MBFLSSUM=0.0
MINTSUM=0.0
MINTSSUM=0.0
MNSUM=0.0
WRITE(11,1029)
IF(FLOWFLAG.EQ.'Y')GO TO 15
WRITE(11,1030)
WRITE(12,2022)
DO 16 K=BLY,ELY
DO 16 I=1,12
IF(I.L.T.BLM.AND.K.EQ.BLY)GO TO 16
IF(I.GT.ELM.AND.K.EQ.ELY)GO TO 16
YEAR=BY+K-1
MONTH=I
C PRINT MONTHLY PREDICTED HYDROLOGIC VALUES
WRITE(11,1031)MONTH,YEAR,MPREC(I,K),MRUN(I,K),MAET(I,K),MINF(I,K),
1MBSFL(I,K),MINT(I,K)
C CALCULATE MASS BALANCE, SUMS, AND SUMS OF SQUARES
MASSBAL=MASSBAL+(MPREC(I,K)-MRUN(I,K)-MAET(I,K)-MINT(I,K))
MPFSUM=MPFSUM+MRUN(I,K)
MPFSQSUM=MPFSQSUM+MRUN(I,K)**2
MPFCBSUM=MPFCBSUM+MRUN(I,K)**3
MRFSUM=MRFSUM+MPREC(I,K)
MRFSQSUM=MRFSQSUM+MPREC(I,K)**2
MRFCBSUM=MRFCBSUM+MPREC(I,K)**3
MAETSUM=MAETSUM+MAET(I,K)
MAETSSUM=MAETSSUM+MAET(I,K)**2
MINFSUM=MINFSUM+MINF(I,K)
MINFSSUM=MINFSSUM+MINF(I,K)**2
MBFLSUM=MBFLSUM+MBSFL(I,K)
MBFLSSUM=MBFLSSUM+MBSFL(I,K)**2
MINTSUM=MINTSUM+MINT(I,K)
MINTSSUM=MINTSSUM+MINT(I,K)**2
MNSUM=MNSUM+1.
WRITE(12,2023)MNSUM,MPREC(I,K),MRUN(I,K)
16 CONTINUE
CLOSE(UNIT=12)
C PRINT MASS BALANCE AND CALCULATE STATISTICS
WRITE(11,2003)MASSBAL
MPFMN=MPFSUM/MNSUM
MPFSTD=SQRT(((MNSUM*MPFSQSUM)-(MPFSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
M2=(MPFSQSUM/MNSUM)-((MPFSUM/MNSUM)**2)
M3=(MPFCBSUM/MNSUM)-3*((MPFSQSUM/MNSUM)*(MPFSUM/MNSUM))
1+2*((MPFSUM/MNSUM)**3)
MPFSKEW=M3/(M2*SQRT(M2))
MRFMN=MRFSUM/MNSUM
MRFSTD=SQRT(((MNSUM*MRFSQSUM)-(MRFSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
M2=(MRFSQSUM/MNSUM)-((MRFSUM/MNSUM)**2)
M3=(MRFCBSUM/MNSUM)-3*((MRFSQSUM/MNSUM)*(MRFSUM/MNSUM))
1+2*((MRFSUM/MNSUM)**3)

```

```

MRFSKEW=M3/(M2*SQRT(M2))
MAETMN=MAETSUM/MNSUM
MAETSTD=SQRT(((MNSUM*MAETSSUM)-(MAETSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
MINFMN=MINFSUM/MNSUM
MINFSTD=SQRT(((MNSUM*MINFSSUM)-(MINFSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
MBFLMN=MBFLSUM/MNSUM
MBFLSTD=SQRT(((MNSUM*MBFLSSUM)-(MBFLSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
MINTMN=MINTSUM/MNSUM
MINTSTD=SQRT(((MNSUM*MINTSSUM)-(MINTSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
C PRINT STATISTICS
WRITE(11,2026)
WRITE(11,2036)MRFMN
WRITE(11,2037)MRFSTD
WRITE(11,2038)MRFSKEW
WRITE(11,2030)MPFMN
WRITE(11,2031)MPFSTD
WRITE(11,2032)MPFSKEW
WRITE(11,2039)MAETMN
WRITE(11,2040)MAETSTD
WRITE(11,2041)MINFMN
WRITE(11,2042)MINFSTD
WRITE(11,2043)MBFLMN
WRITE(11,2044)MBFLSTD
WRITE(11,2045)MINTMN
WRITE(11,2046)MINTSTD
GO TO 30
15 WRITE(11,1032)
WRITE(12,2024)
DO 17 K=BLY,ELY
DO 17 I=1,12
IF(I.L.T.BLM.AND.K.EQ.BLY)GO TO 17
IF(I.GT.ELM.AND.K.EQ.ELY)GO TO 17
YEAR=BY+K-1
MONTH=I
C PRINT MONTHLY PREDICTED HYDROLOGIC VALUES
WRITE(11,1033)MONTH,YEAR,MPREC(I,K),MRUN(I,K),MFLOW(I,K),
1MAET(I,K),MINF(I,K),MBSFL(I,K),MINT(I,K)
C CALCULATE MASS BALANCE, SUMS, AND SUMS OF SQUARES
MASSBAL=MASSBAL+(MPREC(I,K)-MRUN(I,K)-MAET(I,K)-MINT(I,K))
MOFSUM=MOFSUM+MFLOW(I,K)
MOFSQSUM=MOFSQSUM+MFLOW(I,K)**2
MOFCBSUM=MOFCBSUM+MFLOW(I,K)**3
MPFOFSUM=MPFOFSUM+(MFLOW(I,K)*MRUN(I,K))
MPFSUM=MPFSUM+MRUN(I,K)
MPFSQSUM=MPFSQSUM+MRUN(I,K)**2
MPFCBSUM=MPFCBSUM+MRUN(I,K)**3
MRFSUM=MRFSUM+MPREC(I,K)
MRFSQSUM=MRFSQSUM+MPREC(I,K)**2
MRFCBSUM=MRFCBSUM+MPREC(I,K)**3
MAETSUM=MAETSUM+MAET(I,K)
MAETSSUM=MAETSSUM+MAET(I,K)**2

```

```

MINFSUM=MINFSUM+MINF(I,K)
MINFSSUM=MINFSSUM+MINF(I,K)**2
MBFLSUM=MBFLSUM+MBSFL(I,K)
MBFLSSUM=MBFLSSUM+MBSFL(I,K)**2
MINTSUM=MINTSUM+MINT(I,K)
MINTSSUM=MINTSSUM+MINT(I,K)**2
MNSUM=MNSUM+1.
WRITE(12,2025)MNSUM,MPREC(I,K),MRUN(I,K),MFLOW(I,K)
17 CONTINUE
CLOSE(UNIT=12)
C WRITE OBJECTIVE FUNCTION VALUE
IF(OBJTYPE.EQ.'SQR')WRITE(11,2000)OBJVAL
IF(OBJTYPE.EQ.'ABS')WRITE(11,2008)OBJVAL
C PRINT MASS BALANCE AND CALCULATE STATISTICS
WRITE(11,2003)MASSBAL
MOFMN=MOFSUM/MNSUM
MOFSTD=SQRT(((MNSUM*MOFSQSUM)-(MOFSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
M2=(MOFSQSUM/MNSUM)-((MOFSUM/MNSUM)**2)
M3=(MOFCBSUM/MNSUM)-3*((MOFSQSUM/MNSUM)*(MOFSUM/MNSUM))
1+2*((MOFSUM/MNSUM)**3)
MOFSKEW=M3/(M2*SQRT(M2))
MPFMN=MPFSUM/MNSUM
MPFSTD=SQRT(((MNSUM*MPFSQSUM)-(MPFSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
M2=(MPFSQSUM/MNSUM)-((MPFSUM/MNSUM)**2)
M3=(MPFCBSUM/MNSUM)-3*((MPFSQSUM/MNSUM)*(MPFSUM/MNSUM))
1+2*((MPFSUM/MNSUM)**3)
MPFSKEW=M3/(M2*SQRT(M2))
SSY=(MPFSTD**2)*(MNSUM-1.)
SSX=(MOFSTD**2)*(MNSUM-1.)
SPXY=MPFOFSUM-((MPFSUM*MOFSUM)/MNSUM)
RCORR=SPXY/(SQRT(SSY*SSX))
B1=SPXY/SSX
B0=MPFMN-(B1*MOFMN)
STDEE=SQRT((SSY-(B1*SPXY))/(MNSUM-2.))
MRFMN=MRFSUM/MNSUM
MRFSTD=SQRT(((MNSUM*MRFSQSUM)-(MRFSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
M2=(MRFSQSUM/MNSUM)-((MRFSUM/MNSUM)**2)
M3=(MRFCBSUM/MNSUM)-3*((MRFSQSUM/MNSUM)*(MRFSUM/MNSUM))
1+2*((MRFSUM/MNSUM)**3)
MRFSKEW=M3/(M2*SQRT(M2))
MAETMN=MAETSUM/MNSUM
MAETSTD=SQRT(((MNSUM*MAETSSUM)-(MAETSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
MINFMN=MINFSUM/MNSUM
MINFSTD=SQRT(((MNSUM*MINFSSUM)-(MINFSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
MBFLMN=MBFLSUM/MNSUM
MBFLSTD=SQRT(((MNSUM*MBFLSSUM)-(MBFLSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
MINTMN=MINTSUM/MNSUM
MINTSTD=SQRT(((MNSUM*MINTSSUM)-(MINTSUM**2))/(MNSUM*(MNSUM-1.)))
C PRINT SIMULATION STATISTICS
WRITE(11,2026)
WRITE(11,2036)MRFMN

```

```

WRITE(11,2037)MRFSTD
WRITE(11,2038)MRFSKEW
WRITE(11,2027)MOFMN
WRITE(11,2028)MOFSTD
WRITE(11,2029)MOFSKEW
WRITE(11,2030)MPFMN
WRITE(11,2031)MPFSTD
WRITE(11,2032)MPFSKEW
WRITE(11,2033)RCORR
WRITE(11,2034)B1,B0
WRITE(11,2035)STDEE
WRITE(11,2039)MAETMN
WRITE(11,2040)MAETSTD
WRITE(11,2041)MINFMN
WRITE(11,2042)MINFSTD
WRITE(11,2043)MBFLMN
WRITE(11,2044)MBFLSTD
WRITE(11,2045)MINTMN
WRITE(11,2046)MINTSTD
GO TO 30

```

C OPTIMIZATION RESULTS

```

12 WRITE(11,2021)WATNAME
WRITE(11,1034)
WRITE(11,1035)OPTCN1,OPTAWC1,OPTSYC1,OPTSC1,
1OPTPERC1,OPTIRAC1,MNOBJ1
WRITE(11,2013)
WRITE(11,2012)
WRITE(11,1035)OPTCN2,OPTAWC2,OPTSYC2,OPTSC2,
1OPTPERC2,OPTIRAC2,MNOBJ2
IF(OBJTYPE.EQ.'SQR')WRITE(11,2010)
IF(OBJTYPE.EQ.'ABS')WRITE(11,2011)
GO TO 30

```

C SENSITIVITY RESULTS

```

13 WRITE(11,1036)WATNAME

```

C PRINT INITIAL WATERSHED PARAMETERS

```

WRITE(11,1037)SENPAR(1,1)
WRITE(11,1038)SENPAR(2,1)
WRITE(11,1039)SENPAR(3,1)
WRITE(11,1040)SENPAR(4,1)
WRITE(11,1041)SENPAR(5,1)
WRITE(11,2002)SENPAR(6,1)
WRITE(11,2006)
WRITE(11,1042)

```

C PRINT ADJUSTED PARAMETER VALUES

```

DO 18 N=1,6
WRITE(11,1043)PARNAME(N),SENPAR(N,2),SENPAR(N,3),SENPAR(N,4),
1SENPAR(N,5),SENPAR(N,6),SENPAR(N,7)
18 CONTINUE
WRITE(11,1044)
DO 19 N=1,6
WRITE(11,1043)PARNAME(N),SENPAR(N,8),SENPAR(N,9),SENPAR(N,10),

```

```

1SENPAR(N,11),SENPAR(N,12),SENPAR(N,13)
19 CONTINUE
  IF(OBJTYPE.EQ.'SQR')WRITE(11,2007)
  IF(OBJTYPE.EQ.'ABS')WRITE(11,2009)
  WRITE(11,1042)
C PRINT DIFFERENCE FUNCTION VALUES
  DO 20 N=1,6
    WRITE(11,1043)PARNAME(N),SNDIFF(N,2),SNDIFF(N,3),SNDIFF(N,4),
    1SNDIFF(N,5),SNDIFF(N,6),SNDIFF(N,7)
  20 CONTINUE
    WRITE(11,1044)
    DO 21 N=1,6
      WRITE(11,1043)PARNAME(N),SNDIFF(N,8),SNDIFF(N,9),SNDIFF(N,10),
      1SNDIFF(N,11),SNDIFF(N,12),SNDIFF(N,13)
    21 CONTINUE
C PRINT RELATIVE SENSITIVITY VALUES
  WRITE(11,2013)
  WRITE(11,2014)
  IF(OBJTYPE.EQ.'SQR')GO TO 40
  DO 41 N=1,6
    SRVAL(N)=(SNDIFF(N,8)/(SENPAR(N,8)-SENPAR(N,1)))*
    1(SENPAR(N,1)/MFLOWSUM)
  41 CONTINUE
    GO TO 42
  40 DO 43 N=1,6
    SRVAL(N)=(RESENSQ(N)/(SENPAR(N,8)-SENPAR(N,1)))*
    1(SENPAR(N,1)/MFLOWSUM)
  43 CONTINUE
  42 WRITE(11,2015)SRVAL(1)
    WRITE(11,2016)SRVAL(2)
    WRITE(11,2017)SRVAL(3)
    WRITE(11,2018)SRVAL(4)
    WRITE(11,2019)SRVAL(5)
    WRITE(11,2020)SRVAL(6)
  30 CLOSE(UNIT=11)
C FORMAT STATEMENTS
1001 FORMAT(' ENTER INPUT DATA FILE NAME')
1002 FORMAT(A12)
1003 FORMAT(5(I2,1X,I2,1X,I4,1X))
1004 FORMAT(9F7.2)
1005 FORMAT(12F6.2)
1006 FORMAT(I5)
1007 FORMAT(I2,1X,I2,1X,I4,F8.3)
1008 FORMAT(A1)
1009 FORMAT(2F10.5)
1010 FORMAT(' ENTER OUTPUT DATA FILE NAME')
1011 FORMAT(A60)
1012 FORMAT('MODEL SIMULATION RUN',/)
1013 FORMAT(A45,/)
1014 FORMAT('WATERSHED AREA = ',F7.2,' ACRES',/)
1015 FORMAT('WATERSHED PARAMETER VALUES',/)

```

```

1016 FORMAT('SCS CURVE NUMBER = ',F6.2)
1017 FORMAT('AVAILABLE SOIL WATER CAPACITY = ',F6.2,' INCH')
1018 FORMAT('SPECIFIC YIELD CAPACITY = ',F6.2,' INCH')
1019 FORMAT('BASEFLOW SEEPAGE CONSTANT = ',F6.2)
1020 FORMAT('SOIL ZONE PERCOLATION CONSTANT = ',F6.2)
1021 FORMAT('INITIAL WATERSHED CHARACTERISTIC VALUES',/)
1022 FORMAT('RAINFALL ABSTRACTION - S = ',F6.2,' INCH')
1023 FORMAT('AVAILABLE SOIL WATER = ',F6.2,' INCH')
1024 FORMAT('AVAILABLE WATER PERCENTAGE = ',F6.2)
1025 FORMAT('INTERFLOW-GROUNDWATER STORAGE = ',F6.2,' INCH',/)
1026 FORMAT('MONTHLY WATERSHED DATA USED IN EVAPOTRANSPIRATION (ET) ',
1' CALCULATIONS',/)
1027 FORMAT('MONTH YEAR',2X,' CROP COEF',2X,' % DAY HRS',2X,
1' MON TEMP F',2X,' MON PET IN')
1028 FORMAT(2I5,2X,F10.3,2X,F10.3,2X,F10.3,2X,F10.3)
1029 FORMAT('/', 'MONTHLY WATERSHED CALCULATIONS',/, '-VALUES ARE IN',
1' INCH-',/)
1030 FORMAT('MONTH YEAR MPREC PRDFLOW MAET MINF MBSFL',
1' MINT')
1031 FORMAT(2I5,6F8.3)
1032 FORMAT('MONTH YEAR MPREC PRDFLOW OBSFLOW MAET MINF',
1' MBSFL MINT')
1033 FORMAT(2I5,7F8.3)
1034 FORMAT('FIRST OPTIMIZATION STAGE',/, ' CN AWC',
1' SYC SC PERCCOEF IRAC OBJVAL',/)
1035 FORMAT(7F10.3)
1036 FORMAT('SENSITIVITY ANALYSIS RESULTS',/,A45,/,
1' INITIAL PARAMETER VALUES',/)
1037 FORMAT('CN = ',F8.3)
1038 FORMAT('AWC = ',F8.3)
1039 FORMAT('SYC = ',F8.3)
1040 FORMAT('SC = ',F8.3)
1041 FORMAT('PERCCOEF = ',F8.3)
1042 FORMAT('/',16X,'-50% -25% -10% -5% -2%',
1' -1%',/)
1043 FORMAT(A8,2X,6F10.2)
1044 FORMAT('/',17X,'+1% +2% +5% +10% +25%',
1' +50%',/)
2000 FORMAT('/', 'OBJVAL = ',F10.3,' SQUARE INCH')
2001 FORMAT('INITIAL RAINFALL ABSTRACTION CONSTANT = ',F6.2,/)
2002 FORMAT('IRAC = ',F8.3,/)
2003 FORMAT('/', 'MASSBAL = ',F10.3,' INCH')
2004 FORMAT(A3)
2005 FORMAT(I2,1X,I4,F8.3)
2006 FORMAT('VALUES OF PARAMETERS CHANGED FOR ',
1' SENSITIVITY ANALYSIS',/)
2007 FORMAT('/', 'SUM OF SQUARED DIFFERENCES IN SIMULATED RUNOFF ',
1' DUE TO % PARAMETER CHANGE',/)
2008 FORMAT('/', 'OBJVAL = ',F10.3,' INCH')
2009 FORMAT('/', 'SUM OF ABSOLUTE DIFFERENCES IN SIMULATED RUNOFF ',
1' DUE TO % PARAMETER CHANGE',/)

```

```

2010 FORMAT(/,'SUM OF SQUARED DIFFERENCE OBJECTIVE FUNCTION',
1/,'OBJVAL IS IN SQUARE INCH')
2011 FORMAT(/,'SUM OF ABSOLUTE DIFFERENCE OBJECTIVE FUNCTION',
1/,'OBJVAL IS IN INCH')
2012 FORMAT('SECOND OPTIMIZATION STAGE',//,' CN AWC',
1' SYC SC PERCCOEF IRAC OBJVAL',/)
2013 FORMAT(/)
2014 FORMAT('RELATIVE SENSITIVITY COEFFICIENTS',/)
2015 FORMAT('CN =',F10.4)
2016 FORMAT('AWC =',F10.4)
2017 FORMAT('SYC =',F10.4)
2018 FORMAT('SC =',F10.4)
2019 FORMAT('PERCCOEF =',F10.4)
2020 FORMAT('IRAC =',F10.4,/)
2021 FORMAT('OPTIMIZATION RESULTS',//,A45,/)
2022 FORMAT('MON NUMBER MPREC PRDFLOW')
2023 FORMAT(F10.0,2F10.3)
2024 FORMAT('MON NUMBER MPREC PRDFLOW OBSFLOW')
2025 FORMAT(F10.0,3F10.3)
2026 FORMAT(////,'SIMULATION STATISTICS',/)
2027 FORMAT('MEAN OBSERVED MONTHLY RUNOFF =',F6.2,' INCH',/)
2028 FORMAT('STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF =',
1F6.2,' INCH',/)
2029 FORMAT('SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RUNOFF =',
1F6.2,/)
2030 FORMAT('MEAN PREDICTED MONTHLY RUNOFF =',F6.2,' INCH',/)
2031 FORMAT('STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF =',
1F6.2,' INCH',/)
2032 FORMAT('SKEWNESS COEFFICIENT OF PREDICTED MONTHLY RUNOFF =',
1F6.2,/)
2033 FORMAT('PREDICTED/OBSERVED RUNOFF CORRELATION COEFFICIENT =',
1F6.2,/)
2034 FORMAT('PREDICTED RUNOFF =',F6.2,' X OBSERVED RUNOFF +',
1('F6.2,')',/)
2035 FORMAT('STD. ERROR OF PREDICTED/OBSERVED RUNOFF REGRESSION LINE',
1' =',F6.2,' INCH',/)
2036 FORMAT('MEAN OBSERVED MONTHLY RAINFALL =',F6.2,' INCH',/)
2037 FORMAT('STANDARD DEVIATION OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL =',
1F6.2,' INCH',/)
2038 FORMAT('SKEWNESS COEFFICIENT OF OBSERVED MONTHLY RAINFALL =',
1F6.2,/)
2039 FORMAT('MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL ET =',F6.2,' INCH',/)
2040 FORMAT('STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL ET =',
1F6.2,' INCH',/)
2041 FORMAT('MEAN PREDICTED MONTHLY SOIL INFILTRATION =',
1F6.2,' INCH',/)
2042 FORMAT('STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY SOIL INF',
1'ILTRATION =',F6.2,' INCH',/)
2043 FORMAT('MEAN PREDICTED MONTHLY BASEFLOW =',F6.2,' INCH',/)
2044 FORMAT('STANDARD DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY BASEFLOW =',
1F6.2,' INCH',/)

```

```

2045 FORMAT('MEAN PREDICTED MONTHLY RAINFALL INTERCEPTION = ',
  1F6.2,' INCH',/)
2046 FORMAT('STD. DEVIATION OF PREDICTED MONTHLY RAINFALL INT',
  1'ERCEPTION = ',F6.2,' INCH',/)
STOP
END

```

SUBROUTINE WATFLOW

C THIS SUBPROGRAM SIMULATES WATERSHED HYDROLOGY

C DECLARATION OF ARRAYS AND VARIABLES

```

INTEGER BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD,YEAR
REAL PRECIP(12,31,25),DPET(12,25),IRA,IRAC,AWC,SYC
REAL S,AWP,PERCCOEF,SMX,TWC,SC,IGS,RAINFALL,RX,RY,RZ,INFIL,AET,AW
REAL PERC,BSFL,TRUNOFF,MSP,MSR,MSAET,MSI,MSBFL,RUNOFF
REAL INTCP,MINTCP,MINT(12,25)
REAL MPREC(12,25),MRUN(12,25),MAET(12,25),MINF(12,25),MBSFL(12,25)
COMMON /AREA1A/ BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
COMMON /AREA2/ PRECIP,DPET
COMMON /AREA3/ AWC,SYC,SC,PERCCOEF,IRAC,S,SMX,AW,AWP,IGS,TWC,CN
COMMON /AREA4/ MPREC,MRUN,MAET,MINF,MBSFL,MINT

```

C MODEL INITIATION LOOP

```

DO 8 K=BLY,ELY
  YEAR=BY+K-1
  RX=FLOAT(YEAR/4)
  RY=AIN(T(RX))
  RZ=RX-RY
  DO 9 I=1,12
    MSP = 0.0
    MSR = 0.0
    MSAET = 0.0
    MSI = 0.0
    MSBFL = 0.0
    MINTCP = 0.0
  DO 10 J=1,31
    IF(I.LT.BLM.AND.K.EQ.BLY)GO TO 10
    IF(I.GT.ELM.AND.K.EQ.ELY)GO TO 10
    IF(J.LT.BLD.AND.I.EQ.BLM)GO TO 111
    IF(J.GT.ELD.AND.I.EQ.ELM)GO TO 112
    GO TO 12
  111 IF(K.EQ.BLY)GO TO 10
    GO TO 12
  112 IF(K.EQ.ELY)GO TO 10
  12 IF(I.EQ.4.AND.J.GT.30)GO TO 10
    IF(I.EQ.6.AND.J.GT.30)GO TO 10
    IF(I.EQ.9.AND.J.GT.30)GO TO 10
    IF(I.EQ.11.AND.J.GT.30)GO TO 10
    IF(RZ.LT.0.1)GO TO 13
    IF(RZ.GE.0.1)GO TO 14
  13 IF(I.EQ.2.AND.J.GT.28)GO TO 10
  14 IF(I.EQ.2.AND.J.GT.29)GO TO 10

```

```

C  CALCUALTE DAILY RUNOFF AND INFILTRATION
  IRA = 0.2*S
  RAINFALL = PRECIP(I,J,K)
  IF(RAINFALL.EQ.0.0)GO TO 15
  IF(RAINFALL.GT.0.0.AND.RAINFALL.LE.IRA)GO TO 155
  RUNOFF = (RAINFALL-(IRA))*2/(RAINFALL+(0.8*S))
  INFIL = (RAINFALL-RUNOFF)-((1.-IRAC)*IRA)
  INTCP = (1.-IRAC)*IRA
  GO TO 16
15 RUNOFF = 0.0
  INFIL = 0.0
  INTCP = 0.0
  GO TO 16
155 RUNOFF = 0.0
  INFIL = IRAC*RAINFALL
  INTCP = (1.-IRAC)*RAINFALL
C CALCULATE EVAPOTRANSPIRATION
16 F=ALOG(AWP+1.)/ALOG(101.)
  AET=F*(DPET(I,K)-INTCP)
  IF(AET.LT.0.0)AET=0.0
C CALCULATE AVAILABLE WATER IN SOIL ZONE
  AW=AW+INFIL-AET
  IF(AW.LT.0.0)AW=0.0
  IF(AW.LE.TWC)GO TO 200
  RUNOFF = RUNOFF + (AW-TWC)
  AW = TWC
200 PERC=0.0
  IF(AW.GT.AWC)PERC=PERCCOEF*(AW-AWC)
  AW=AW-PERC
  AWP=(AW/AWC)*100.
  IF(AWP.GT.100.)AWP=100.
  S=SMX*((TWC-AW)/TWC)
C CALCULATE BASEFLOW AND INTERFLOW/GROUNDWATER STORAGE
  BSFL=SC*IGS
  IGS=IGS+PERC-BSFL
C CALCULATE TOTAL DAILY RUNOFF
  TRUNOFF=RUNOFF+BSFL
C CALCUALTE OUTPUT SUMMATIONS
  MSP=MSP+RAINFALL
  MSR=MSR+TRUNOFF
  MSAET=MSAET+AET
  MSI=MSI+INFIL
  MSBFL=MSBFL+BSFL
  MINTCP=MINTCP+INTCP
10 CONTINUE
  MPREC(I,K)=MSP
  MRUN(I,K)=MSR
  MAET(I,K)=MSAET
  MINF(I,K)=MSI
  MBSFL(I,K)=MSBFL
  MINT(I,K)=MINTCP

```

```

9 CONTINUE
8 CONTINUE
RETURN
END

```

SUBROUTINE BFOPT

C THIS IS A BRUTE FORCE OPTIMIZATION PROCEDURE

C DECLARATION OF ARRAYS AND VARIABLES

```

INTEGER BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
INTEGER IY,BSOSY,ESOSY,IM,BSOSM,ESOSM,ID,BSOSD,ESOSD,NO
REAL LCN,UCN,LAWC,UAWC,LSYC,USYC,LSC,USC,LPERC,UPERC,LIRAC,UIRAC
REAL DCN,DAWC,DSYC,DSC,DPERC,DIRAC,ICN,IAWC,ISYC,ISC,IPEC,IIRAC
REAL AWI,AWPI,IGSI,SI,CN,AWC,SYC,SC,IRAC,TWC
REAL PERCCOEF,AW,AWP,IGS,S,CNI,SMX
REAL MNOBJVAL,OPTCN,OPTAWC,OPTSYC,OPTSC,OPTPERC,OPTIRAC,OBJVAL
REAL BCN,BAWC,BSYC,BSC,BPERC,BIRAC,NNN,NNNN,NNNNN,NNNNNN
COMMON /AREA1A/ BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
COMMON /AREA1B/ IY,BSOSY,ESOSY,IM,BSOSM,ESOSM,ID,BSOSD,ESOSD
COMMON /AREA3/ AWC,SYC,SC,PERCCOEF,IRAC,S,SMX,AW,AWP,IGS,TWC,CN
COMMON /AREA5A/ LCN,UCN,LAWC,UAWC,LSYC,USYC,LSC,USC,LPERC,UPERC
COMMON /AREA5B/ LIRAC,UIRAC,ICN,IAWC,ISYC,ISC,IPEC,IIRAC
COMMON /AREA6/ SI,AWI,AWPI,IGSI
COMMON /AREA8A/ OPTCN,OPTAWC,OPTSYC,OPTSC,OPTPERC,OPTIRAC
COMMON /AREA8B/ MNOBJVAL,OBJVAL
COMMON /AREA10/ SWCP,IGSP
COMMON /AREA12/ NO

```

C FIND PARAMETER SET CORRESPONDING TO SMALLEST OBJECTIVE FUNCTION VALUE

C INCREMENT PARAMETER RANGE

```

DCN=UCN-LCN
DAWC=UAWC-LAWC
DSYC=USYC-LSYC
DSC=USC-LSC
DPERC=UPERC-LPERC
DIRAC=UIRAC-LIRAC
ICN=DCN/5.0
IAWC=DAWC/5.0
ISYC=DSYC/5.0
ISC=DSC/5.0
IPEC=DPERC/5.0
IIRAC=DIRAC/5.0
BCN=LCN-(ICN/2.0)
BAWC=LAWC-(IAWC/2.0)
BSYC=LSYC-(ISYC/2.0)
BSC=LSC-(ISC/2.0)
BPERC=LPERC-(IPEC/2.0)
BIRAC=LIRAC-(IIRAC/2.0)

```

C INITIALIZE OPTIMUM OBJECTIVE FXN VALUE AT ARTIFICIALLY HIGH NUMBER

MNOBJVAL=1000000.

C INITIALIZE OPTIMUM PARAMETER VALUES

OPTCN=0.0

```

OPTAWC=0.0
OPTSYC=0.0
OPTSC=0.0
OPTPERC=0.0
OPTIRAC=0.0
NNN=0.0
C BRUTE FORCE OPTIMIZATION LOOP
DO 1 I=1,5
  CN=BCN+(FLOAT(I)*ICN)
  DO 1 J=1,5
    AWC=BAWC+(FLOAT(J)*IAWC)
    DO 1 K=1,5
      SYC=BSYC+(FLOAT(K)*ISYC)
      DO 1 L=1,5
        SC=BSC+(FLOAT(L)*ISC)
        DO 1 M=1,5
          PERCCOEF=BPERC+(FLOAT(M)*IPERC)
          DO 1 N=1,5
            IRAC=BIRAC+(FLOAT(N)*IIRAC)
            NNN=NNN+1.0
            NNNN=NNN/100.
            NNNNN=AINN(NNNN)
            NNNNNN=NNNN-NNNNN
            IF(NNNNNN.EQ.0.0)WRITE(*,3000)NNN,NO
            CNI=-16.91+1.348*CN-0.01379*(CN**2)+.0001177*(CN**3)
            SMX=(1000./CNI)-10.
            TWC=AWC+SYC
            S=SMX*((TWC-AW)/TWC)
            AWP=(AW/AWC)*100.
            CALL INITIAL
            BLY=(BSOSY-BY)+1
            ELY=(ESOSY-BY)+1
            BLM=BSOSM
            ELM=ESOSM
            BLD=BSOSD
            ELD=ESOSD
            CALL WATFLOW
            CALL OBJFXN
            AW=SWCP
            IGS=IGSP
            IF(OBJVAL.LT.MNOBJVAL)GO TO 2
            GO TO 1
          2 MNOBJVAL=OBJVAL
          OPTCN=CN
          OPTAWC=AWC
          OPTSYC=SYC
          OPTSC=SC
          OPTPERC=PERCCOEF
          OPTIRAC=IRAC
        1 CONTINUE
3000 FORMAT('  PARAMETER PERMUTATION NUMBER ',F6.0,

```

```

I' (STAGE 'I1,')
RETURN
END

```

SUBROUTINE SENS

```

C THIS SUBPROGRAM DETERMINES WATERSHED PARAMETER SENSITIVITY
C DECLARATION OF ARRAYS AND VARIABLES
  INTEGER BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
  REAL AWC,SYC,SC,PERCCOEF,IRAC,S,SMX,AW,AWP,IGS,TWC,CNI,CN
  REAL MPREC(12,25),MRUN(12,25),MAET(12,25),MINF(12,25),MBSFL(12,25)
  REAL SI,AWI,AWPI,IGSI,MFLOWSUM
  REAL MFLOW(12,25),MINT(12,25)
  REAL MNOBJVAL,OBJVAL
  REAL SENPAR(6,13),SNDIFF(6,13),RELSSENSQ(6)
  CHARACTER OBJTYPE*3
  COMMON /AREA1A/ BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
  COMMON /AREA3/ AWC,SYC,SC,PERCCOEF,IRAC,S,SMX,AW,AWP,IGS,TWC,CN
  COMMON /AREA4/ MPREC,MRUN,MAET,MINF,MBSFL,MINT
  COMMON /AREA6/ SI,AWI,AWPI,IGSI
  COMMON /AREA7/ MFLOW,MFLOWSUM
  COMMON /AREA8B/ MNOBJVAL,OBJVAL
  COMMON /AREA9/ SENPAR,SNDIFF,RELSSENSQ
  COMMON /AREA11/ OBJTYPE
C CALCULATE COMPARISON HYDROGRAPH
  MFLOWSUM=0.0
  CALL WATFLOW
  DO 1 K=BLY,ELY
  DO 1 I=1,12
  IF(I.LT.BLM.AND.K.EQ.BLY)GO TO 1
  IF(I.GT.ELM.AND.K.EQ.ELY)GO TO 1
  MFLOW(I,K)=MRUN(I,K)
  MFLOWSUM=MFLOWSUM+MFLOW(I,K)
1 CONTINUE
  SENPAR(1,1)=CN
  SENPAR(2,1)=AWC
  SENPAR(3,1)=SYC
  SENPAR(4,1)=SC
  SENPAR(5,1)=PERCCOEF
  SENPAR(6,1)=IRAC
C CALCULATE ADJUSTED PARAMETER VALUES
  DO 2, I=1,6
  SENPAR(I,2)=SENPAR(I,1)-(.5*SENPAR(I,1))
  SENPAR(I,3)=SENPAR(I,1)-(.25*SENPAR(I,1))
  SENPAR(I,4)=SENPAR(I,1)-(.1*SENPAR(I,1))
  SENPAR(I,5)=SENPAR(I,1)-(.05*SENPAR(I,1))
  SENPAR(I,6)=SENPAR(I,1)-(.02*SENPAR(I,1))
  SENPAR(I,7)=SENPAR(I,1)-(.01*SENPAR(I,1))
  SENPAR(I,8)=SENPAR(I,1)+(.01*SENPAR(I,1))
  SENPAR(I,9)=SENPAR(I,1)+(.02*SENPAR(I,1))
  SENPAR(I,10)=SENPAR(I,1)+(.05*SENPAR(I,1))

```

```

    SENPAR(I,11)=SENPAR(I,1)+(.1*SENPAR(I,1))
    SENPAR(I,12)=SENPAR(I,1)+(.25*SENPAR(I,1))
    SENPAR(I,13)=SENPAR(I,1)+(.5*SENPAR(I,1))
  2 CONTINUE
C CALCULATE SQUARED OR ABSOLUTE DIFFERENCE VALUES
C FOR ADJUSTED PARAMETERS
  DO 3 L=1,6
    DO 3 M=2,13
      CN=SENPAR(1,1)
      AWC=SENPAR(2,1)
      SYC=SENPAR(3,1)
      SC=SENPAR(4,1)
      PERCCOEF=SENPAR(5,1)
      IRAC=SENPAR(6,1)
      IF(L.EQ.1)CN=SENPAR(L,M)
      IF(L.EQ.1.AND.CN.GT.100.)CN=100.
      IF(L.EQ.1.AND.CN.EQ.100.)SENPAR(L,M)=100.
      IF(L.EQ.2)AWC=SENPAR(L,M)
      IF(L.EQ.3)SYC=SENPAR(L,M)
      IF(L.EQ.4)SC=SENPAR(L,M)
      IF(L.EQ.4.AND.SC.GT.1.0)SC=1.0
      IF(L.EQ.4.AND.SC.EQ.1.0)SENPAR(L,M)=1.0
      IF(L.EQ.5)PERCCOEF=SENPAR(L,M)
      IF(L.EQ.5.AND.PERCCOEF.GT.1.0)PERCCOEF=1.0
      IF(L.EQ.5.AND.PERCCOEF.EQ.1.0)SENPAR(L,M)=1.0
      IF(L.EQ.6)IRAC=SENPAR(L,M)
      IF(L.EQ.6.AND.IRAC.GT.1.0)IRAC=1.0
      IF(L.EQ.6.AND.IRAC.EQ.1.0)SENPAR(L,M)=1.0
      CNI=-16.91+1.348*CN-0.01379*(CN**2)+.0001177*(CN**3)
      SMX=(1000./CNI)-10.
      TWC=AWC+SYC
      S=SI
      AW=AWI
      AWP=AWPI
      IGS=IGSI
      CALL WATFLOW
      CALL OBJFXN
      SNDIFF(L,M)=OBJVAL
      IF(M.EQ.8.AND.OBJTYPE.EQ.'SQR')GO TO 4
      GO TO 3
  4 OBJTYPE='ABS'
    CALL OBJFXN
    RELSENSQ(L)=OBJVAL
    OBJTYPE='SQR'
  3 CONTINUE
  RETURN
END

SUBROUTINE OBJFXN
C THIS SUBPROGRAM CALCULATES OBJECTIVE FUNCTION VALUES
  INTEGER BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD

```

```

REAL MPREC(12,25),MRUN(12,25),MAET(12,25),MINF(12,25),MBSFL(12,25)
REAL MFLOW(12,25),MNOBJVAL,OBJVAL
REAL MINT(12,25),MFLOWSUM
CHARACTER OBJTYPE*3
COMMON /AREA1A/ BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
COMMON /AREA4/ MPREC,MRUN,MAET,MINF,MBSFL,MINT
COMMON /AREA7/ MFLOW,MFLOWSUM
COMMON /AREA8B/ MNOBJVAL,OBJVAL
COMMON /AREA11/ OBJTYPE
OBJVAL=0.0
C CALCULATE OBJECTIVE FUNCTION VALUE
DO 1 K=BLY,ELY
DO 1 I=1,12
IF(I.LT.BLM.AND.K.EQ.BLY)GO TO 1
IF(I.GT.ELM.AND.K.EQ.ELY)GO TO 1
IF(OBJTYPE.EQ.'SQR')OBJVAL=OBJVAL+(MFLOW(I,K)-MRUN(I,K))**2
IF(OBJTYPE.EQ.'ABS')OBJVAL=OBJVAL+ABS(MFLOW(I,K)-MRUN(I,K))
1 CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINE INITIAL
C THIS SUBROUTINE WILL INITIALIZE WATERSHED VALUES
C DECLARATION OF ARRAYS AND VARIABLES
INTEGER BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
INTEGER IY,BSOSY,ESOSY,IM,BSOSM,ESOSM,ID,BSOSD,ESOSD
REAL SI,AWI,AWPI,IGSI
REAL S,AW,IGS,AWP
COMMON /AREA1A/ BY,BLY,ELY,BLM,ELM,BLD,ELD
COMMON /AREA1B/ IY,BSOSY,ESOSY,IM,BSOSM,ESOSM,ID,BSOSD,ESOSD
COMMON /AREA3/ AWC,SYC,SC,PERCCOEF,IRAC,S,SMX,AW,AWP,IGS,TWC,CN
COMMON/AREA6/ SI,AWI,AWPI,IGSI
C DEFINE INITIALIZATION PERIOD
BLY = (IY-BY) + 1
ELY = (BSOSY-BY) + 1
BLM = IM
ELM = BSOSM
BLD = ID
ELD = BSOSD
C RUN WATFLOW SUBROUTINE
CALL WATFLOW
C INITIAL STATE WATERSHED VALUES
C THESE ARE THE INITIAL VALUES TO BE USED IN SIM/OPT/SEN RUNS
SI = S
AWI = AW
AWPI = AWP
IGSI = IGS
RETURN
END

```

TEŞEKKÜR

Doktora eğitim, öğrenim ve tez çalışmamın her aşamasında büyük bir sabır ve titizlikle yönlendirici rol oynayan danışmanım Prof. Dr. A. Nedim YÜKSEL'e ve Bölüm üyelerine, Enstitü Müdürüm Dr. Ferzan AVŞAR'a ve tüm enstitü çalışanlarına şahsımdan esirgemedikleri anlayış ve yardımlar için teşekkür ederim. Bunun yanı sıra beni yetiştirip büyüten topluma faydalı bir insan olmam için hiçbir fedakarlığı esirgemeyen Sevgili Anneme ve Rahmetli Babama, Doktora çalışmam süresince ve her zaman yanımda olan Sevgili Eşim Semra'ya Kızlarım Gülce ve Zeynep'e teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca Araştırmada kullandığım SWMHMS Hidrolojik modelini bana aktaran Prof. Dr. Charles Tom Haan'a da teşekkür ederim.



ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında Tekirdağ-Malkara ilçesinde doğdu. İlk ve orta okulu Çerkezköy'de, Lise öğrenimini Edirne'de tamamladıktan sonra 1986 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik bölümünden mezun oldu. 1987 yılında Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Mardin-Derik İlçe Müdürlüğünde göreve başladı. 1989 yılında Askerlik görevini tamamladı. 1989-1991 yılları arasında Mardin İl Müdürlüğü Bitki Koruma Şube Müdürlüğünde teknik eleman, İdari ve Mali İşler Şube Müdürü olarak çalıştı.

1991 yılında Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsünde Araştırma Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 1992 yılında Kırklareli Atatürk Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsüne naklen atandı. 1995 yılında Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim dalında Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 1996 yılında Yeni Zelanda'nın Lincoln Üniversitesinde 3 ay süreli " Catchment Management " eğitim kursuna katıldı. 1997 yılında Kıbrıs'ta "Water Problems in Mediterranean Countries" adlı uluslararası konferansta tebliğ sundu. 1998 yılında Havza Hidrolojisi ve modellemesi ile ilgili olarak 6 ay A.B.D.'nin Oklahoma State Üniversitesinde bulundu. Yayınlanmış 6 adet rapor ve ara rapor, 5 adet tebliğ ve 3 adet teknik bülten olmak üzere 14 adet yayınlanmış çalışması vardır. Halen aynı Enstitüde Müdür Yardımcısı görevini yürütmektedir. Evli ve 2 çocuk babasıdır.