

Effects of Antecedent Moisture Conditions on the Rainfall-Runoff Relationship

A. Istanbulluoglu^a, S. Albut^a, F. Konukcu^a, M. Sener^a, I. Kocaman^a

^a N.K.U. Agricultural Faculty, Dept. of Agricultural Structural & Irrigation, 59030, Tekirdag / TURKEY
(a.istanbullu, salbut, fatih.konukcu, mehmetseiner, israfilkocaman)@tu.tzf.edu.tr

KEYWORDS: Antecedent moisture conditions, curve number method, remote sensing, rainfall-runoff relationship, water structures, Thrace Region.

ABSTRACT

The effect of Antecedent Moisture Conditions (AMC) of Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) method, last 30 day's moisture conditions, on the precipitation-runoff relationship was examined. To do this, ER Mapper 7.1 software was used to investigate the soil cover of Tekirdag Corlu-Pinarbasi Watershed (CPW) located in the European part of Turkey, a semi-arid region. QuickBird and Aster satellite images in different dates during the growth period were used in the analysis. Using long-term measured rainfall data from the CPW, calculated runoff values under both taking the last 30 day's moisture content into account and without taking it into account conditions were compared. There were not statistically significant differences between the calculated runoff values under both conditions. However, when the calculated runoff values under both conditions were compared with the directly measured runoff values, significant differences were found. Therefore, SCS-CN method was criticised in terms of over-sizing hydraulic structures and increasing the cost. The results are considered very valuable in that the antecedent moisture conditions is a principle parameter in recent hydrologic models used widely.

Önceki Toprak Nem Koşulunun Yağış-Akış İlişkileri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

A. Istanbulluoğlu^a, S. Albut^a, F. Konukcu^a, M. Şener^a, İ. Kocaman^a

^a N.K.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 59030, Tekirdağ / TÜRKİYE
(a.istanbullu, salbut, fatih.konukcu, mehmetseiner, israfilkocaman)@tu.tzf.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER: Önceki toprak nem içeriği, yüzey akış eğri numarası, uzaktan algılama, yağış-akış ilişkisi, su yapıları, Trakya Bölgesi.

ÖZET

Bu çalışmada, Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN) yöntemi içerisinde yer alan ve önceki toprak nem koşulu olarak tanımlanan, önceki 30-günlük toprak nem içeriğinin yüzey akış miktarına olan etkisi araştırılmıştır. Bunun için yarı-kurak iklim kuşağında yer alan Tekirdağ Çorlu - Pınarbaşı havzası bitki örtüsünün belirlenmesi ER Mapper 7.1 programı yardımıyla yapılmıştır. Analiz sırasında havza bitki örtüsündeki mevsimsel değişime bağlı olarak farklı tarihli QuickBird ve Aster uydu görüntüleri kullanılmıştır. Havzaya ait çok yıllık yağış ve akış değerleri, havzada yer alan yağış ve akış ölçerlerden alınmıştır. Önceki 30-günlük toprak nem içeriğinin dikkate alındığı ve alınmadığı koşullar için yüzey akış miktarında aylık bazda çok önemli farklılık olmasına rağmen, yıllık bazda istatistiksel anlamda bir fark olmamıştır. Yine her iki koşul değerlerinin, havzadan ölçülen doğrudan yüzey akış değerleriyle karşılaştırılmasında da önemli farklılık saptanmıştır. Bu husus, SCS-CN yönteminin bölgede inşa edilen su yapılarının olması gerekenden daha büyük boyutlarda projelenmesine neden olmaktadır. Ayrıca sonuçlar son yıllarda geliştirilmekte olan hidrolojik model çalışmalarında, yöntemin kullanımı ve önceki toprak nem içeriğinin yüzey akış miktarına etkisinin önemi açılarından yararlı olmuştur.

1. GİRİŞ

Yeryüzüne düşen yağışların buharlaşan ve toprağa sızan miktarından arta kalan yüzey üstü ve yüzey altı akışı şeklinde akarsu, göl ve denizlere doğru hareket eden kısmına yüzey akış denmektedir (Chow et al., 1988).

Yer ve zamana göre farklılık gösteren yağış ve havza karakteristiklerinin belirleyici olduğu yüzey akış miktarının; baraj dolu savaklarının planlanması, drenaj çalışmaları, taşkın kontrolü ve su saptırma yapılarının inşası çalışmalarında bilinmesi çok önemlidir. Bu nedenle de yağış-akış ilişkilerinin belirlenmesinde yağış miktar ve şiddetinin yanı sıra havza

toprak, topografya, arazi kullanma, bitki örtüsü, ekim şekli, toprak nem içeriği ve toprak koruma önlemleri de dikkate alınmaktadır.

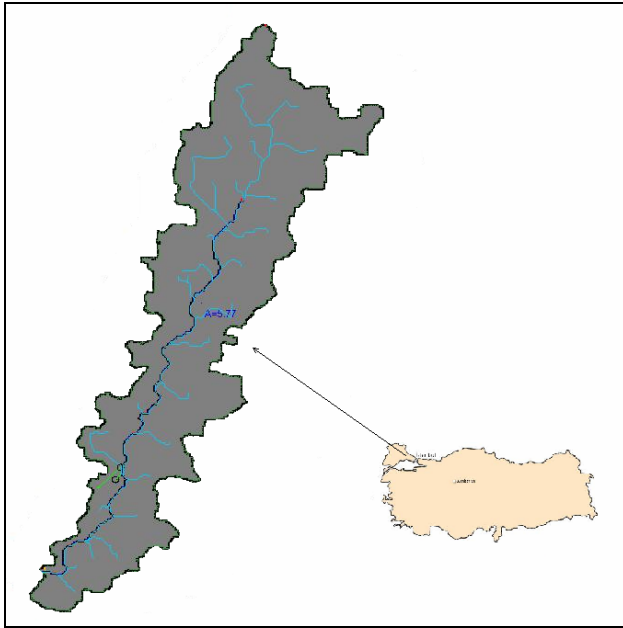
Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Toprak Muhafazası Kurumu (Soil Conservation Service, SCS) tarafından geliştirilen "Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemi" (Curve Number Method, SCS-CN) bütün bu faktörlerin dikkate alındığı önemli bir ampirik yöntemdir. Birleşik Devletler koşullarında geliştirilen yöntem (SCS, 1956; 1971), bugün dünyanın birçok yerinde yaygın bir şekilde kullanılmakla birlikte, bazı yerel araştırma kuruluşlarında, yöntemin temel amacıyla uyumlu değişikliklere gidilmiştir (Boonstra, 1994). Bu yöntem ile yüzey akış miktarının güvenli bir şekilde hesaplanmasında en önemli husus

yüzeysel akış eğri numarasının (CN) belirlenmesidir. Ancak rastgele bir değişken olan yağış ve düştüğü havzanın karmaşık yapısı bunu zorlaştırmaktadır. Örneğin eğri numarasının belirlenmesinde kullanılan önceki nem koşulu (Antecedent Moisture Condition, AMC) bunlardan birisidir. SCS-CN yöntemin orijinalinde, yüzeysel akış miktarının hesaplanacağı yağışın öncesindeki beş gün içinde düşen yağış miktarının dikkate alındığı, 5-günlük önceki nem koşulu önerilmektedir. Oysa Hope and Schulze (1982) 15-günlük ve Schulze (1982) 30-günlük önceki nem koşullarını dikkate alan araştırmalar yapmışlardır. Bu anlamda, önceki toprak nem koşulunun yüzeysel akış üzerindeki etkisi tartışılmakla birlikte, günümüzde su kaynaklarının geliştirildiği havzalarda yeterli günlük veya aylık yağış kayıtlarının bulunmaması, çoğu kez yüzeysel akış eğri numarasının hesaplanmasında, önceki toprak nem koşulunun dikkate alınmamasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, SCS-CN yöntemi ile yüzeysel akış miktarının belirlenmesinde, önceki 30-günlük toprak nem içeriğinin dikkate alındığı ve alınmadığı koşulların etkisi ile havzadan ölçülen doğrudan yüzeysel akış değerlerinin karşılaştırılması, uygulamalı bir şekilde havza bazında yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Araştırma yeri, Trakya Bölgesi'nde Meriç-Ergene ana havzası içerisinde yer alan Tekirdağ Çorlu-Pınarbaşı havzasıdır. Denizden yüksekliği 175-245 m'ler arasında olan havza, 27°41' doğu boylamı ile 41°31' kuzey enlemi üzerinde yer almaktadır. Alanı 5.71 km² olan havzayı gösteren bir harita Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Tekirdağ Çorlu-Pınarbaşı havzası genel görünüşü

Araştırma havzası, Marmara denizi kıyı şeridi boyunca görülen Akdeniz iklimi etkisi altındadır. Kışları serin ve yağışlı, yazları sıcak ve kuraktır. Yağışın tamamına yakını yağmur şeklinde olup, çok yıllık ortalamalara göre karlı gün sayısı 8'dir. Yine çok yıllık rasat verilerine göre; sıcaklık 13.9 °C, toplam yağış 585.1 mm, nispi nem % 78, toplam buharlaşma 872.7 mm ve rüzgar hızı 2.7 m/s'dir (Anonymous, 2006).

Havza topraklarının tamamı kireçsiz kahverengi orman büyük toprak grubundan meydana gelmiştir. Eğimleri orta ve dik olup çoğunluğu üçüncü sınıf arazilerdir. Havza toprakları kumlu-killi-tın (SCL) bünyeli, geçirgen, nötr reaksiyonlu, tuzsuz, organik madde içeriği düşük, fosforca orta, potasyumca zengin ve kireçsizdir. Bor, tuzluluk, sodyumluluk ve drenaj sorunları yoktur (Anonymous, 1997). Havzanın yukarı kısımları yer yer fundalık alanlar içeren ormanla kaplıdır. Aşağı kısımlarda ise tümüyle buğday-ayçiçeği münavebe sisteminin uygulandığı nadassız kuru tarım yapılmaktadır. Havzanın bu özelliğinin belirlenmesi işlemi için ER Mapper 7.1 yazılım programı ile farklı tarihli QuickBird ve Aster uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Havza üzerine düşen yağış ve bunun oluşturacağı yüzeysel akışın kaydı amacıyla, havza içine üç adet yağış ölçer (plüviyograf) ve bir adet akış ölçer (Limnigraf) konumlandırılmıştır. Yağış ölçerlerin biri havza çıkışında 175 m yüksekliğe, diğerleri sırasıyla 220 ve 233 m yüksekliklere yerleştirilerek, yağışların yersel ve zamansal dağılımı takip edilmiştir. Akış ölçer ise havza çıkış kotu 175 m'de inşa edilen 1/5 şevli üçgen savağa bir kanalla bağlantılı olan söndürme havuzu üzerine yerleştirilerek, dere yatağından geçen akışın zamansal dağılımı ölçülmüştür. Sonra yağış ve akış ölçerlere ait eğriler günlük bazda analiz edilerek, direkt ölçülen aylık yağış ve akış değerleri elde edilmiştir.

Araştırmada, havzadan oluşan yüzeysel akışın ampirik yöntemle belirlenmesi ise, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Toprak Muhafazası Kurumu (Soil Conservation Service, SCS) tarafından geliştirilen "Yüzeysel Akış Eğri Numarası Yöntemi" (Curve Number Method, SCS-CN) ile yapılmıştır (SCS, 1956, 1971). Bu yöntemle göre, düşen yağış ile oluşan yüzeysel akış arasında aşağıdaki eşitlikle ifade edilen bir ilişki vardır.

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (1)$$

Burada, F sızma miktarı (mm), S potansiyel maksimum yağış tutulması (mm); Q eklenik yüzeysel akış miktarı (mm); P eklenik yağış miktarı (mm) and I_a başlangıçta tutulan yağış miktarı (mm)'dir. Ayrıca süreklilik prensibinden,

$$P = Q + I_a + F \quad (2)$$

eşitliği de yazılabilir. Burada başlangıçta tutulan yağış miktarının,

$$I_a = 0.2 S \quad (3)$$

olması halinde ve yukarıda verilen (1) ve (2)'nolu eşitliklerin birlikte çözümünü sonucu, $P > I_a$ koşulu için aşağıdaki yüzeysel akış miktarı,

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (4)$$

eşitliği elde edilmektedir.

Eşitlikte yer alan potansiyel maksimum yağış tutulması, aşağıdaki eşitlik kullanılarak havza yüzeysel akış eğri numarasından hesaplanmıştır.

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4 \quad (5)$$

Havza yüzey akış eğri numarası (CN), havzaya ait toprak, topografya, arazi kullanma, bitki örtüsü, ekim şekli ve toprak koruma önlemlerinin dikkate alınarak belirlendiği, 0 ile 100 arasında değişen bir sayıdır. Burada 100 değeri su yüzeyini temsil etmekte olup, diğer yüzey değerleri 100'den küçük sayılardır. Bu eğri numarası, üç sınıfa ayrılmış önceki toprak nem koşulundan (Antecedent Moisture Condition), AMC II, diğer bir ifadeyle CN II içindir. Yüzey akışı hesaplanan yağış öncesi 30 gün içerisinde düşen yağış miktarı 36-53 mm arasında olması CN II, bundan küçükse CN I ve büyükse CN III olmaktadır (Boonstra, 1994). Önceki 30-günlük toprak nem içeriğinin bir değerine dönüştürülmesinde aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (SCS, 1975; Chow et al., 1988).

$$CN I = \frac{4.2 CN II}{10 - 0.058 CN II} \quad (6)$$

$$CN III = \frac{23 CN II}{10 + 0.13 CN II} \quad (7)$$

Ayrıca SCS-CN yöntemde, 30-günlük toprak nem içeriğinin dikkate alındığı ve alınmadığı koşullar ile havzadan ölçülen doğrudan yüzey akış değerleri; havza φ-sızma indisi (Linsley et al., 1988) ve evapotranspirasyon (Doorenbos and Pruitt, 1977; Allen et al., 2004) değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu anlamda yağış değerlerinin bağımsızlık ve homojenlik testleri ile tüm verilerin istatistiksel analizleri Chow et al., (1988)'de belirtildiği esaslara göre yapılmıştır.

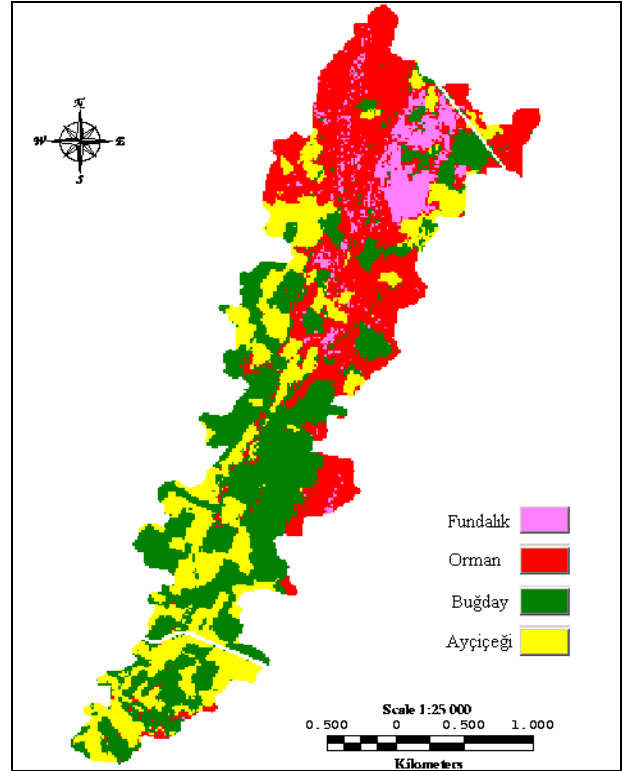
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yarı-kurak iklim kuşağında yer alan Tekirdağ Çorlu-Pınarbaşı deresi havzası bitki örtüsü, farklı tarihli QuickBird ve Aster uydu görüntüleri ve ER Mapper 7.1 yazılım programları kullanılarak uzaktan algılama tekniğiyle belirlenmiş ve Şekil 2'de verilmiştir.

Bu işlem için uzaktan algılama yönteminin kullanılması, hesaplanmak istenen yüzey akış miktarının çok daha güvenle belirlenmesini sağlamıştır. Zira bu teknik başta çok sayıda havza karakteristiği ile bu çalışmada yer alan bitki örtüsünün tespitinde, bugüne kadar süre gelen ve göreceli olan bir uygulamaya son vermektedir.

Trakya Bölgesi alt havzalarını temsil eden seçilen Pınarbaşı havzasında 1985-2004 yılları arasında ölçülen yağış ve yüzey akış değerleri ile bir havzada yağış-akış verilerinin bulunmadığı koşullarda yüzey akışın hesaplanmasında kullanılan SCS-CN yöntemiyle, toprak neminin dikkate alınmadığı (AMC II) ve önceki 30-günlük yağış miktarının dikkate alındığı (AMC I, II ve III) durumlar için elde edilen yüzey akış miktarları Çizelge 1'de verilmiştir.

Muhtelif su yapılarının projelendirilmesinde kullanılan yöntemde, yaygın olarak toprak neminin ortalama durumunu temsil eden AMC II koşulu kullanılmaktadır. Ancak toprak nem içeriğinin yüzey akış miktarı üzerindeki etkisi dikkate alınarak, önceki 30-günlük yağış miktarına bağlı olarak yüzey akış eğri numarasında olası değişimleri temsil eden AMC I, II ve III koşulları içinde yüzey akış miktarının hesabı yapılmıştır.



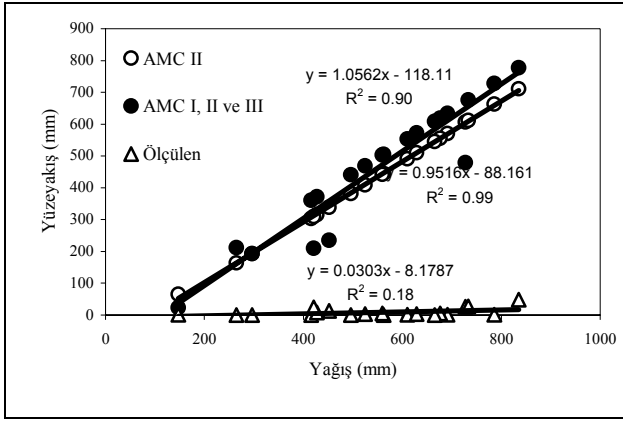
Şekil 2. Tekirdağ Çorlu-Pınarbaşı havzası bitki örtüsü

Çizelge 1. Çorlu-Pınarbaşı havzası çok yıllık yağış ve farklı koşullar için yüzey akış değerleri

Yıllar	Yağış (mm)	Yüzey akış (mm)	SCS-CN Yöntem (mm)	
			AMC II	AMC I, II ve III
1985	610.3	0.8	491.4	553.6
1986	727.7	26.0	606.2	478.9
1987	785.8	1.2	663.2	728.2
1988	691.1	0.8	570.3	633.9
1989	496.4	-	381.2	440.5
1990	562.1	0.1	444.6	505.7
1991	415.5	-	303.8	360.4
1992	296.6	-	192.9	192.9
1993	147.4	1.4	64.8	23.6
1994	264.4	-	163.7	212.1
1995	524.8	3.2	408.5	468.7
1996	427.2	8.4	315.0	372.0
1997	559.8	5.5	442.4	503.4
1998	835.0	48.0	711.6	777.3
1999	733.7	26.8	612.0	676.3
2000	451.7	13.2	338.3	235.3
2001	676.3	4.7	555.8	619.2
2002	665.5	0.2	545.3	608.5
2003	420.8	24.0	308.9	209.8
2004	629.3	2.6	510.0	572.5
Ortalama	546.1	8.4	431.5	458.6

Her iki koşul için hesaplanan yüzey akış değerleri ay bazında çok farklı olmuştur. Önceki 30-günlük yağış miktarının dikkate alınması, yıl içerisinde kimi aylarda artışa kimi aylarda azalmaya neden olmuştur. Ancak bu durum belli bir kural dahilinde olmamıştır. Bunu bağımsız bir değişken olan yağışın

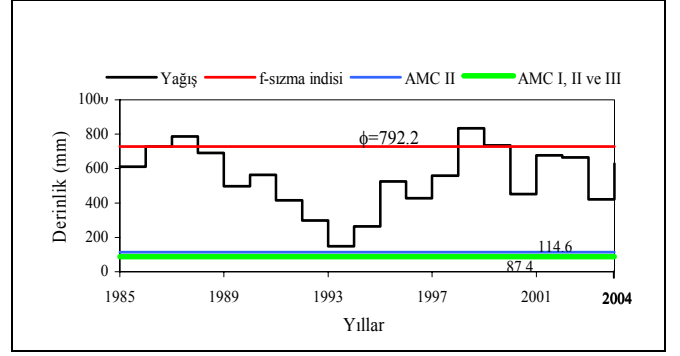
aylık miktarının dağılımı belirlemiştir. Önceki 30-günlük yağışın, sınır değerleri aşmayan miktarları yüzey akışa neden olmazken, bu sınırları aşan miktarları yüzey akışa neden olmuştur. Fakat her bir ay bazında görülen bu farklılığa yıllık bazda bakıldığında çok azaldığı görülmüştür. Hatta bu farklılık her iki koşulun kendi aralarında istatistiki değerlendirilmesi sonucu $r = 0.95^{**}$ güvenle önemsiz bulunmuştur. Başka bir ifade ile önceki 30-günlük yağış miktarı, toprak nem içeriği üzerinde etkili olmuş ve bu aylık yüzey akış miktarının belirlenmesinde kendini göstermekle birlikte, yıllık miktarlarda pek fazla etkisi olmamıştır. Her bir koşul ve ölçülen değerler için elde edilen regresyon eğri ve eşitlikleri Şekil 3'de verilmiştir. Burada AMC II ile AMC I, II ve III koşulları arasında bir yakınlık mevcutken, ölçülen yüzey akış miktarları ile bunların arasında çok fark görülmüştür. Ölçülen miktarlar ile AMC II koşulu arasında $r = 0.43$ ve AMC I, II ve III koşulu arasında ise $r = 0.27$ güvenle önemli farklılıklar kaydedilmiştir.



Şekil 3. Pınarbaşı havzası AMC II ve AMC I, II ve III koşulları ile ölçülen yüzey akış değerlerine ait regresyon eğri ve eşitlikleri

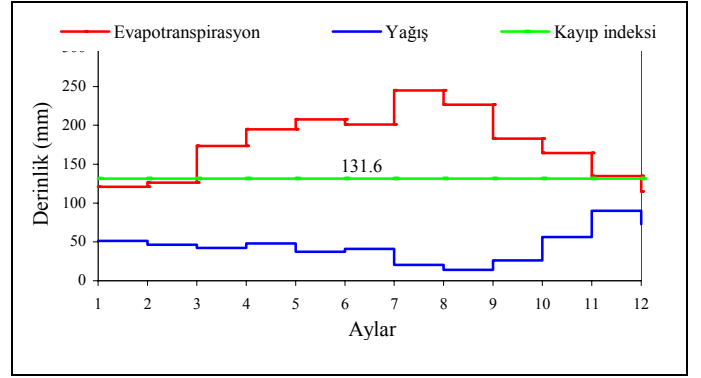
SCS-CN yöntemi ile elde edilen yüzey akış miktarlarının, havzadan doğrudan ölçülen değerlerden çok farklı olması, bir başka karşılaştırmayı zorunlu kılmıştır. Bu karşılaştırma Şekil 4'de verilen yıllık yağış hiyotografı üzerinde havza ϕ -sızma indisinin gösterimi ile yapılmıştır. Önceki 30-günlük yağış miktarının dikkate alındığı ve alınmadığı koşullar için elde edilen ϕ -sızma indisinin sırasıyla 114.6 ve 87.4 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Bunlar birbirine yakın değerlerdir. Yani yıllık bazda önceki 30-günlük toprak nem içeriğinin yağış-akış ilişkisine olan etkisi sınırlıdır. Oysa havza çıkışında ölçülen akış kayıtları kullanılarak elde edilen ϕ -sızma indisi 729.2 mm/yıl olmuştur. Aralarında çok büyük fark vardır. Buda yöntemi yoğun olarak kullanan hidrolojistler, su kaynakları planlayıcıları, ormancılar, ziraatçılar ve diğer uygulayıcılar tarafından eleştirilere neden olmaktadır. Bunlar McCuen (1982), Chen (1982), Hjelmfelt (1991), Hawkins (1993), Ponce and Hawkins (1996), Bonta (1997), Mishra and Sing (2002a, b), Mishra et al. (2003) ve İstanbulluoğlu et al. (2006) olarak özetlenebilir.

Bu durumu biraz daha belirginleştirmek için, bir diğer açıklama Şekil 5'de verilmiştir. Burada araştırma havzasına ait yağış ve evapotranspirasyon (Doorenbos and Pruitt, 1977; Allen et al., 2004) değerleri karşılaştırılmıştır. Toprak nem içeriğindeki değişimi (Linsley et al., 1998) belirlemede bir ölçü olması açısından (Shaw, 1994) kayıp indeksi 131.6 mm/ay saptanmıştır. Bu değer her iki koşul fark etmeksizin SCS-CN yöntemi ile hesaplanan yüzey akış değerlerinin, doğrudan ölçüm



Şekil 4. Pınarbaşı havzası çok yıllık yağış ve yüzey akış değerleri

değerlerinden yüksek olduğunu göstermiştir. Buda bir kez daha yöntemin bölge koşulları için sorgulanması gerektiği sonucunu doğurmuştur.



Şekil 5. Pınarbaşı havzası aylık evapotranspirasyon, yağış ve kayıp indeksi değerleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Muhtelif taşkın yapılarının projelendirilmesinde yaygın kullanılan SCS-CN yöntemin, bitki örtüsünün tespitinde uydu teknolojisi kullanılarak, Tekirdağ Çorlu-Pınarbaşı havzasına uygulaması yapılmıştır. Uydu görüntülerinin sağladığı kolaylık ve güvenle birlikte önceki 30-günlük toprak nem içeriğinin dikkate alındığı ve alınmadığı koşullarda SCS-CN yöntemden elde edilen yüzey akış miktarlarının havzadan doğrudan ölçülen değerlerle karşılaştırılmasına gidilmiştir. Karşılaştırma sonucunda, SCS-CN yöntemden her iki koşul için elde edilen yüzey akış değerleri, havzadan ölçülen doğrudan değerlerden çok yüksek olmuştur. Bu durum havza ϕ -sızma indisi ve evapotranspirasyon kayıp indeksi bulgularıyla da desteklenmiştir.

Yarı-kurak iklim kuşağında yer alan araştırma havzası için, yöntemin çok yüksek sonuçlar vermesi, bunda önceki 30-günlük toprak nem içeriğinin etkisinin de ihmal edilebilir olması, yöntemin söz konusu koşullarda uygulanabilirliğini tartışmalı kılmıştır. Zira uygulamacı kuruluşlarda bu yöntemin mevcut şekliyle uygulanması daha büyük boyutlarda yapı inşalarını gerektirmiştir. Ayrıca sonuçlar son yıllarda geliştirilmekte olan hidrolojik model çalışmalarında, yöntemin kullanımı ve önceki toprak nem içeriğinin yüzey akış miktarına etkisinin önemi açısından yararlı olmuştur.

5. YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Allen, RG., Pereira, LS., Raes, D., Smith, M., 2004. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements) FAO Irrigation and Drainage Paper no: 56, Rome. p. 281.
- Anonymous, 1997. Tekirdağ İli Arazi varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayınları. no: 34, Ankara. 180 s.
- Anonymous, 2006. Ortalama ve Ekstrem Değerler. Meteoroloji Bülteni. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayınları. Ankara-Turkey, (www.meteor.gov.tr).
- Bonta, JV., 1997. Determination of Watershed Curve Number Using Derived Distributions. J. Irrig. Drain. Engrg., ASCE 123(1), pp. 28-36.
- Boonstra, J., 1994. Estimating peak runoff rates in: H. P. Ritzema (Ed.) Drainage Principles and Applications. The Netherlands-International Institute for Land Reclamation and Improvement pub. no: 16, Wageningen. pp. 111-144.
- Chen Cheng-lung, 1982. An Evaluation of the Mathematics and Physical Significance of the Soil Conservation Service Curve Number Procedure for Estimating Runoff Volume, in VP. Singh (ed.), Rainfall-Runoff Relationship. Water Resour. Pub., Littleton Colo. 80161.
- Chow, VT., Maidment, DR., Mays, LW., 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company, New York. 557 p.
- Doorenbos, J., Pruitt, WO., 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper no: 24, Rome. p. 193.
- Hawkins, RH., 1993. Asymptotic Determination of Runoff Curve Number From Data. Irrig. Drain. Engrg., ASCE 119(2), pp. 334-335.
- Hjelmfelt, Jr., AT., 1991. Investigation of Curve Number Procedure. J. Hydraul. Engrg. 117(6), pp. 725-737.
- Hope, AS., Schulze, RE., 1982. Improved Estimates of Stormflow Volumes Using the SCS Curve Number Method. In: V.P. Singh (ed.), Rainfall-Runoff Relationships. Water Resources Publications, Littleton. pp. 419-431.
- Istanbulluoglu, A., Konukcu, F., Kocaman, I., Bakanogullari, F., 2006. Effects of Antecedent Precipitation Index on the Rainfall-Runoff Relationship. Bulgarian Journal of Agricultural Science, (12): pp. 35-42.
- Linsley, RK., Kohler, MA., Paulhus, JLH., 1988. Hydrology for Engineers. McGraw-Hill Book Company, London. 492 p.
- McCuen, RH., 1982. A Guide to Hydrologic Analysis Using SCS Methods. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Mishra, SK., Singh, VP., 2002a. SCS-CN Method: Part-I: Derivation of SCS-CN Based Models. Acta Geophysica Polonica 50(3), pp. 457-477.
- Mishra, SK., Singh, VP., 2002b. SCS-CN Based Hydrologic Simulation Package. Ch. 13, in VP. Singh and DK. Frevert (eds), Mathematical Models in Small Watershed Hydrology, Water Resources Publications, Littleton, Colorado 80161, pp. 391-464.
- Mishra, SK., Singh, VP., Sansalone, JJ., Aravamuthan, V., 2003. A Modified SCS-CN Method: Characterisation and Testing. Water Resources Management. Kluwer Academic Pub., 17 (1): pp. 37-68.
- Ponce, VM., Hawkins, RH., 1996. Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity. Hydrology. Engrg. ASCE. 1(1), pp. 11-19.
- Schulze, RE., 1982. The Use of Soil Moisture Budgeting to Improve Stormflow Estimates by the SCS Curve Number Method. University of Natal, Department of Agricultural Engineering, Report 15, Pietermaritzburg, 63 p.
- Shaw, EM., 1994. Hydrology in Practice. Chapman and Hill. London. 569 p.
- Soil Conservation Service, 1956; 1971. Hydrology. National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chapter 10, USDA, Washington D.C.
- Soil Conservation Service, 1975. Urban hydrology for small watersheds, tech. Rel. No. 55, U. S. Dept. of Agriculture, Washington D.C.