



Tokat İlinde Yağış Erozyon İndeksinin (R Faktör) Frekans Analizi

İrfan OĞUZ¹

Kadri YÜREKLİ²

Fazlı ÖZTÜRK³

¹ Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, TOKAT

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, TOKAT

³ Prof. Dr, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ANKARA

*Sorumlu Yazar

irfanoguz@yahoo.com

Özet: Bu çalışmada Tokat ilinde hesaplanan yağış erozyon indeksi (R faktör) değerine en iyi uyumu gösteren dağılımı belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla, Tokat Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsünde 1972-1995 yıllarında ölçülen eroziv yağışlardan, hesaplanan 596 adet R faktör değeri materyal olarak kullanılmıştır. Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV), Genelleştirilmiş Normal yada 3 Parametrelili Log Normal (LOGN3), Genelleştirilmiş Logistik ((GLO), Genelleştirilmiş Pareto (GPA) ve Pearson Tip 3 (PE3) dağılımları R faktörün frekans analizi için seçilmiştir. Beş dağılım arasından Smirnov-Kolmogorov testine bağlı en iyi uyumu gösteren dağılımın seçiminde, LOGN3 dağılımı diğerlerinden daha uygun olmuştur.

Anahtar Kelimeler; Yağış Erozyon İndeksi, R faktör, toprak kaybı, yüzey akış, L Moment, olasılık dağılım

Frequency Analysis of Precipitation Erosion Index (R Factor) in Tokat Province

Abstract: In this study was to determine the best probability distribution fitted to erosion index (R factor) predicted in Tokat Province. For this purpose, 596 values of the R factor calculated from erosive rainfalls which are measured from 1972 to 1995 in Tokat Soil and Water Resources Research Institute were used as a material. The five distribution, namely, Generalized Extreme Values (GEV), Generalized Normal or 3-parameter Log Normal (LOGN3), Generalized Logistic (GLO), Generalized Pareto (GPA) and Pearson Type 3 (PE3) for frequency analysis of R factor were selected. The LOGN3 was more suitable than the others, in selecting the best fit distribution based on Smirnov-Kolmogorov test among the five distributions.

Key Words; Rainfall Erosion Index, R factor, soil loss, runoff, L Moment, probability distribution

GİRİŞ

Su biriktirme yapılarının depolama hacminin azalmasına sebep olan etkenlerin başında havzadan su ile taşınan sediment miktarı gelmektedir. Akarsulara değişik kaynaklardan sediment ulaşır. Bunların başında su toplama havzasından erozyon nedeniyle taşınan sediment gelmektedir. Ülkemizde yılda yaklaşık olarak 154 milyar m³ toprak, su erozyonuyla taşınmaktadır. Bu anlamda toprak ve su kaybı ülkemiz için ana problemlerden biridir [1, 10].

Erozyonun sebep olduğu zararlar; toprak, su, bitki besin maddeleri kayıpları, mansap arazilerde neden olacağı taşkınlar ve sedimentasyonla can, mal ve arazinin değer kaybı tehlikesi ile yol, köprü gibi çeşitli yapıların zarar görmesi başlıkları altında sıralanabilir. Bitkilere su ve besin maddeleri sağlayan toprağın kaybı, sert ana maddenin veya kayanın yüzeye çıkmasına sebep olacak, dolayısıyla bitkisel üretim azalacak veya sıfıra inecektir. Erozyon, özellikle toprağın organik madde ve besin maddelerince zengin olan üst kısmının kaybına sebebiyet vermektedir.

Taşınan toprakla birlikte suda erimiş halde önemli miktarda bitki besin maddesi kaybı söz konusudur. Oluştugu yerden aşım, taşınan toprak taneleri akarsu yatağında yükselmelere sebep olmaktadır. Daralan yatak kesiti gelen büyük debileri taşıyamamakta, dolayısıyla sular akarsu yatağı dışına taşmakta ve civardaki araziler

sedimentli sular altında kalmaktadır. Bu suretle hem can ve mal kaybı tehlikesi, hem de ürün kaybı ile arazinin değerini yitirmesi söz konusu olmaktadır. Taşkın suları ile arazinin değerinin azalmasının yanı sıra civardaki yol, köprü ve diğer yapılar zarar görmektedir.

Sedimentin en önemli diğer bir zararı ise su depolama yapılarının aktif depolama kapasitesinin düşerek, yapının kendinden beklenen faydayı yerine getirememesine neden olmasıdır. Bu anlamda su depolama yapılarının planlama aşamasında proje mühendislerinin havzadan gelecek olası sediment miktarının doğru olarak tahminin ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Ülkemiz için yağışların eroziv potansiyellerinin belirlenmesi çalışmalarına uzun süreden bu yana devam edilmektedir. Bu kapsamda, 25 yıllık gözlem süresine sahip 60 istasyona ait yağış diyagramları analiz ederek, her yağışın toplam kinetik enerjisini ve 30 dakikalık maksimum şiddetlerini belirlenmiş ve isoerodent haritalar hazırlanmıştır[2].

Su kaynaklarının geliştirilmesi ve bunlardan en optimal şekilde yararlanmak için hidrolojik olayların gelecekteki miktarlarının bilinmesi zorunlu olmaktadır. Hidrolojik olaylar ise bir çok faktörün birlikte etkisi altında meydana geldiğinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle hidrolojik olayların gelecekteki miktarlarının belirtilmesinde olasılık yöntemlerinden yararlanılmaktadır[8]. Bir havzada yapılması düşünülen

hidrolik yapıların proje kriterlerinin belirlenmesinde göz önüne alınan hidrolojik bir değişkenin farklı tekrarlanma sürelerinde beklenen miktarlarının saptanması önemli olmaktadır. Bununla birlikte makul bir proje kriterinin tahmini genellikle güç, hatta imkansızdır. Bir hidrolik yapı ile ilgili proje kriterinin altında yada üstünde bir miktarın seçilmesi durumunda, bu yapı kendinden beklenen faydayı sağlayamamakla birlikte maliyet de önemli oranda etkilenmektedir. Makul bir proje kriterinin seçiminin önemli ölçüde olasılık dağılımlara ait parametrelerin tahmininde kullanılan istatistik metotlara bağlı olduğu bildirilmektedir[6]. Hidrolik yapıların yanlış tasarımı, doğal kaynakların önemli derecede israf edilmesine sebep olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Tokat ilinde tahmin edilen yağış erozyon indeksinin, son yıllarda yaygın olarak kullanılan parametre tahmin yöntemlerinden olan L momentler yöntemi frekans analizini gerçekleştirmektir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Tokat Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde (TSKAE)1972-1995 yıllarında ölçülen erozif yağışlardan hesaplanan erozyon indis (R faktör) değerleri, kullanılmıştır.

R Faktörünün Hesaplanması

Yağış erozyon (R) faktörünün saptanmasında yararlanılan yağışların seçiminde üç esas dikkate alınmıştır. Bunlar;

- 6 saatlik yağışsız bir süre veya bu sürede 1.27 mm' den az yağış ile bir birinden ayrılan iki yağış bir birinden bağımsız sayılmıştır.

- Miktarı 5 mm' den fazla olan bütün yağışlar değerlendirilmeye alınmıştır. Ancak yoğunluğu 0.8 mm/h' ten az yağışlar değerlendirilmemiştir.

- Miktarı 5 mm' den az, fakat yoğunluğu 10 mm/h' ten fazla olan yağışlar değerlendirilmiştir.

Yukarıdaki kriterlere uyan her bir yağışın yoğunluğu hesaplanarak Eşitlik 1 yardımıyla birim kinetik enerjisi hesaplanmıştır.

$$Eu = 210.3 + 89 \log I \quad (1)$$

Bu formülde Eu birim kinetik enerjiyi (ton-ha/cm) ve I yağış yoğunluğunu (cm/h) vermektedir. Birim kinetik enerji Eşitlik 2 yardımıyla toplam kinetik enerjiye çevrilmiştir.

$$Eg = Eu * h \quad (2)$$

Burada, Eg toplam kinetik enerji (ton-m/ha) ve h yağış yüksekliğini (cm) ifade etmektedir. Yağış erozyon indeksi ise Eşitlik 3 yardımıyla her müstakil yağış için ayrı olmak üzere hesaplanmıştır.

$$R = Eg * Im / 100 \quad (3)$$

Bu eşitlikte R yağış erozyon indisi (ton-m/ha), Im müstakil yağışın 30 dakikalık maksimum yoğunluğunu ifade etmektedir.

L Moment Yaklaşımı

L moment istatistikleri, gözlenen verilerin ikinci dereceden ya da üçüncü dereceden üssünün alınmadan elde edilen doğrusal bileşenleridir[5]. Olasılık dağılımlarının

biçimlerini tarif eden bir sistem olan L momentler, uzun gözlemlerde olağan çarpım momentlerine göre daha az duyarlılığa sahiptir. Bir X verisinin L momenti olasılık ağırlıklı momentlerin fonksiyonu olarak ifade edilir ve sıralı gözlemlerden $X_{(j)}$ elde edilen olasılık ağırlıklı momentlerin tarafsız örnek tahmini aşağıdaki gibi tanımlanmıştır[3]:

$$b_r = n^{-1} \sum_{j=1}^n x_{(j)} \frac{(j-1)(j-2)...(j-1)}{(n-1)(n-2)...(n-i)} \quad (4)$$

Daha sonra b_r değerlerinin ilk dördü ($r=0, 1, 2, 3$) olasılık ağırlıklı momentler (b_0, b_1, b_2 ve b_3) bulduktan sonra, herhangi bir dağılım için l ile sembolize edilen ilk dört L moment istatistiği, aşağıda verilen ilişkilerden saptanır:

$$\begin{aligned} l_1 &= b_0, \\ l_2 &= 2b_1 - b_0, \\ l_3 &= 6b_2 - 6b_1 + b_0, \\ l_4 &= 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0. \end{aligned} \quad (5)$$

İlk L moment olan l_1 , merkezi eğilim ölçüsü olmasının yanında dağılımın ortalamasına eşittir (L konum). l_2 de dağılım ölçüsüdür (L ölçek). Buradan, boyutsuz L moment oranları (L değişim katsayısı, L çarpıklık ve L basıklık) aşağıda verildiği şekilde tahmin edilmiştir[11]:

$$\begin{aligned} t &= l_2 / l_1 \quad (L \text{ değişim katsayısı}), \\ t_3 &= l_3 / l_2 \quad (L \text{ çarpıklık}), \\ t_4 &= l_4 / l_2 \quad (L \text{ basıklık}). \end{aligned} \quad (6)$$

Bu çalışmada yağış erozyon indeks değerlerinin frekans analizini gerçekleştirmek için 3 parametrelilik genel ekstrem değer (GEV), genel normal (LOGN3), genel lojistik (GLO), genel Pareto(GPA), Pearson tip 3 (PE3) olasılık dağılımları kullanılmıştır. Dağılımların parametreleri, kaynak [7]'de verilen ilişkiler ile elde edilmiştir.

Tokat ili için hesaplanan erozyon indeksi değerleri için en uygun dağılımın seçiminde Smirnov-Kolmogorov testi uygulanmıştır[4]. Bu amaçla R faktör değerlerinin artan dizimlerini yapılmış ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) ve her gözlemin yerleri, sıra sayıları ile belirtilmiştir. Daha sonra her bir gözlemin sıra sayısı toplam gözlem sayısına bölünerek her bir gözlemin Eşitlik 7'ye göre toplam gözlem içindeki olasılığı tahmin edilmiştir.

$$F_a(x_i) = \frac{i}{N} \quad (7)$$

Eşitlikteki, $F_a(x_i)$, i . gözlemin olasılığı; i , gözlemin sıra sayısı; N , toplam gözlem sayısıdır.

Erozyon indeksi değerlerinin toplam gözlem içindeki olasılıkları tahmin edildikten sonra, araştırmada göz önüne alınan olasılık dağılım biçimlerine göre her bir gözlemin en fazla meydana gelme durumlarına göre tekrarlanma olasılıkları, $F(x_i)$, saptanarak, Eşitlik 8'de belirtildiği şekilde gözlemlerin toplam gözlem içindeki olasılıkları, gözlemlerin tahmin edilen tekrarlanma olasılıklarından çıkarılmıştır. Daha sonra her dağılım için elde edilen farklar arasından en büyük olanı seçilmiş ve seçilen bu en büyük farkların en küçük olduğu dağılım en uygun olarak kabul edilmiştir.

$$d_{\max} = |F(x_i) - F_a(x_i)| \quad (8)$$

Toprak Kayıplarının Hesaplanması

Toprak kayıpları USLE yöntemine göre potansiyel yüzey ve parmak erozyonu olarak Eşitlik 9' a göre hesaplanmıştır[12].

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (9)$$

Eşitlikte; A : Yıllık ortalama toprak kaybı (ton/ha); R : Yağış erozyon indeksi, K : Toprak erodibilite faktörü, L : Eğim uzunluğu faktörü, S : Eğim dikliği faktörü, C : Bitki yönetim faktörü P : Toprak koruma önlemi faktörü olarak tanımlanmaktadır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Tokat TSKAE Müdürlüğünde 1972-1995 yıllarında ölçülen erozif yağışlardan tahmin edilen 596 adet erozyon indis (R faktör) değerlerinin L moment ve L moment oranları Çizelge 1'de verilmiştir. Bir serinin L moment oranlarının $t_r = \ell_1 / \ell_2$ için r^3 3, -1 ve +1 arasında olması gerektiğini, ayrıca L değişim (t); $0 < t < 1$, L çarpıklık (t_3); $-1 < t_3 < 1$ ve L basıklık (t_4); $\frac{1}{4}(5t_3^2 - 1) \leq t_4 < 1$

arasında olması gerektiğini bildirilmektedir[5]. Çizelge 1'de R faktörü için elde edilen oranlar bu koşulu yerine getirmiştir.

Çizelge 1. Yağış erozyon indeks L Moment ve L Moment oranları

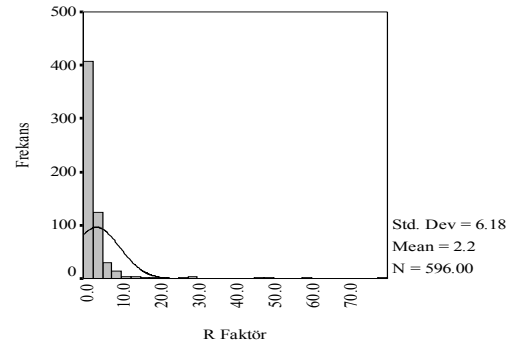
L Moment				L Moment oranları		
ℓ_1	ℓ_2	ℓ_3	ℓ_4	t	t_3	t_4
2.207	1.557	1.096	0.867	0.7058	0.7040	0.5567

Tokat ili için elde edilmiş R faktör değerlerinin frekans analizini yapmak için göz önüne alınan üç parametrelili olasılık dağılımların parametre değerleri Çizelge 2'de, erozyon indeks değerlerinin frekans grafiği ise Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'den görüleceği üzere, R faktör değerleri sağa kaymış bir dağılım göstermiştir. Bu grafikten erozyon indeks değerlerinin normal bir dağılıma sahip olmadığı anlaşılmaktadır. Ancak verinin normal bir dağılım gösterip göstermediğini anlamak için Kolmogorov-Smirnov (KS) testi uygulanmıştır. Bu teste göre KS istatistik değeri, 8.829 elde edilmiş ve bunun olasılığı, 0.00, göz önüne alınan % 5 önem seviyesinden daha düşük olmuştur. Buradan KS testi için R faktör değerlerinin normal dağılıma sahiptir şeklindeki hipotezi ret edilmiş, Şekil 1'de varılan hükmü doğrulamıştır. Bu nedenle R faktör değerlerinin frekans analizi yapılırken normal dağılım dikkate alınmamıştır. Zaten Şekil 1'e bakıldığında 1972-1995 yıllarında erozif yağmurlardan elde edilen 596 adet R faktör değerlerinin 0.0-1.0 arasında kümelendiği gözükmektedir. Ancak bazı yıllar için hesaplanan ekstrem R faktör değerleri frekans grafiğinin şeklini sağa doğru kaydırmıştır.

Çizelge 2. Dağılımların parametreleri

Dağılımlar	Parametreler		
	ξ	α	k
GEV	0.546	0.592	-0.696
LOGN3	0.669	-1.676	0.839
GLO	0.796	0.565	-0.704
GPA	0.108	0.729	-0.653
PE3	2.207	4.683	4.979

Araştırmada göz önüne alınan dağılımların uygunluğu için % 5 önem seviyesinde Smirnov-Kolmogorov testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre en uygun dağılım biçimi üç parametrelili logaritmik normal dağılım (LN3) yani genelleştirilmiş logaritmik normal dağılım olmuştur. Araştırma için seçilen dağılımlar içinde en fazla sapmayı Pearson 3 (PE3) dağılımı göstermiştir. Ancak diğer dağılımlar (GEV, GLO ve GPA) için elde edilen d_{max} değerleri birbirlerine oldukça yakın olmuştur. Çizelge 3'te göz önüne alınan beş dağılımın bazı tekrarlanma sürelerindeki R faktör değerleri de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere PE3 dağılımı hariç diğer dağılımlar için saptanan R faktör değerleri birbirlerine daha yakın olmuştur. Özellikle PE3 dağılımından 10, 25 ve 50 yıl tekrarlanma sürelerinde elde edilen R faktör değerleri diğer dağılımlardan oldukça farklı olmuştur. Bununla beraber GEV, GLO ve GPA dağılımları için elde edilen R faktör değerleri 100 yıl için elde edilen tekrarlanma süresi hariç diğer tekrarlanma sürelerinde LOGN3 dağılımında elde edilen R faktör değerlerine oldukça yakın olmuştur.



Şekil 1. R faktör değerlerinin frekans grafiği

Bu sonuca göre, PE3 dağılımı hariç diğer dağılımlar 100 yıl tekrarlanma süresine kadar süreler için R faktör değerlerinin frekans analizinde kullanılabilmesi söylenebilir. Ancak 100 yıl tekrarlanma sürelerinden sonra LOGN3 dağılımının kullanılması uygun olmuştur. Muhtemelen erozyona bağlı olarak yapılacak herhangi bir mühendislik tesisi için öngörülecek proje kriterinin bu üç dağılımdan tahmini LOGN3 dağılımından elde edilecek miktara göre daha küçük olacak, bu ise yapının kendinden beklenen başarıyı vermesinde risk oluşturabileceklerdir

Çizelge 3. Çeşitli tekrarlanma sürelerinde elde edilen R faktör değerleri

Dağılımlar	Tekrarlanma Süreleri, Yıl						d_{max}
	2	5	10	25	50	100	
GEV	0.79	2.11	3.77	7.58	12.56	20.62	0.0356
LOGN3	0.67	2.22	4.46	9.58	15.81	24.86	0.0175
GLO	0.80	2.12	3.76	7.51	12.41	20.36	0.0381
GPA	0.75	2.18	4.01	8.12	13.34	21.55	0.0369
PE3	0.43	2.49	5.95	12.17	17.66	23.61	0.2030

Araştırma yeri toprak kayıpları, USLE denklemi ile belirlenen faktör değerleri ele alınarak hesaplanmıştır. Bu amaçla, R faktörü 54.68 ton-m/ha, K faktörü 0.146, P faktörü 0.255 ve C faktörü 0.235 olarak alınmıştır [9]. Sonuçta araştırma yeri yıllık ortalama toprak kaybı değeri 0.478 ton-m/ha olarak hesaplanmıştır.

Hesaplama da kullanılan R faktör değerleri yıl içerisinde düşen tüm yağışların enerjilerini yansıtmaktadır. Çizelge 3'te ise yıllık toplam R faktör değerini oluşturan her bir bireysel yağışın tekrarlanma sürelerinde oluşacak R faktör değerleri verilmiştir. Çizelge 3'te verilen her bir tekerrür süresi – R faktör değerleri USLE eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır (Çizelge 4). Çizelge 4'e göre, tekerrür süresi arttıkça her bir dağılımın öngördüğü R faktör değerlerinin oluşturduğu ortalama toprak kayıp miktarları da artmaktadır. Örneğin LOGN3 dağılımına göre 2 yıl tekerrürlü R değerine karşılık hesaplanan toprak kaybı miktarı 0.001 ton/ha olarak bulunmuştur. Aynı dağılıma göre düşme olasılığı 100 yıl olan R faktör değerine karşılık hesaplanan toprak kaybı ise, 0.0042 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Söz konusu parselde uzun yıllar verilerine dayanarak öngörülen toprak kaybı 0.478 ton/ha iken 100 yıl tekrarlanma süreli yalnızca bir adet bireysel yağış sonunda 0.042 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4. Çeşitli tekrarlanma süreleri R değerleri için hesaplanan toprak kaybı miktarları, ton/ha

Dağılımlar	Tekrarlanma Süreleri, Yıl						d _{max}
	2	5	10	25	50	100	
GEV	0.001	0.004	0.006	0.013	0.021	0.035	0.0356
LOGN3	0.001	0.004	0.007	0.016	0.026	0.042	0.0175
GLO	0.001	0.004	0.006	0.013	0.021	0.034	0.0381
GPA	0.001	0.004	0.007	0.014	0.022	0.036	0.0369
PE3	0.001	0.004	0.010	0.020	0.030	0.040	0.2030

KAYNAKLAR

- [1] Cevik, B. 1988. Toprak ve Su Koruma Mühendisliği. Cukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: Adana.
- [2] Doğan, O. 1987. Türkiye Yağışlarının Erosiv potansiyelleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 165, Ankara.
- [3] Greenwood, JA, Landwehr, JM, Matalas, NC, Wallis, JR. 1979. Probability weighted moments: Definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form, Water Resources Research, 15, 1049-54.
- [4] Haan, CT. 1977. Statistical Methods in Hydrology, Iowa State Press, Iowa, 378.
- [5] Hosking, JRM. 1990. L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics, Journal of the Royal Statistical Society. Series B 52(1), 105-124.
- [6] Hosking, JRM, Wallis, JR. 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis. Water Resources Research, 29, 271-81.
- [7] Hosking, JRM, Wallis, JR. 1997. Regional Frequency Analysis: An Approach Based on LMoments. Cambridge University Press: Cambridge, U.K.
- [8] Okman, C. 1994. Hidroloji. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 1388, Ankara.
- [9] Oğuz, İ. 1997. Tokat yöresinde kolvuyal toprak grubunda üniversal denklemin K, R, C ve P faktörleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Yayınları, Yayın No: 102, s 69-79, Ankara.

- [10] Öztürk, F. 1995. Türkiye'nin toprak ve su koruma sorunları. Kültürteknige Giriş. Balaban A (ed.). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: Ankara; 15-31.
- [11] Sankarasubramanian, A, Sirinivasan, K. 1999. Investigation and comparison of sampling properties of L-moments and conventional moments. Journal of Hydrology 218, 13-34.
- [12] Wischmeier, WH, Smith, DD. 1978. Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning, Agricultural handbook No 537, USDA, Washington, DC.